



TESIS TE 142599

**RANCANG BANGUN SISTIM IDENTIFIKASI GAS
MENGUNAKAN SINAR UV-IR DAN METODE
JARINGAN SYARAF TIRUAN**

**HAPPY NUGROHO
NRP. 2212 204 002**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, ST., M.T.
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS TE 142599

**DESIGN OF GAS IDENTIFICATION SYSTEM USING
UV-IR LIGHT AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK**

**HAPPY NUGROHO
NRP. 2212 204 002**

**SUPERVISOR
Dr. Muhammad Rivai, ST., M.T.
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis saya dengan judul "Rancang bangun sistim identifikasi gas menggunakan sinar UV-IR dan metode jaringan syaraf tiruan" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 21 Januari 2016

Happy Nugroho

NRP. 2212204002

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:
Happy Nugroho
Nrp. 2212204002**

**Tanggal Ujian : 7 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016**

Disetujui oleh:



**1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 19690426 199403 1 003**

(Pembimbing 1)



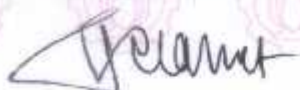
**2. Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
NIP: 19810118 200312 1 003**

(Pembimbing 2)



**3. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D.
NIP: 19651211 199002 1 002**

(Penguji)



**4. Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.
NIP: 19700212 199512 1 001**

(Penguji)



**5. Achmad Arifin, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 19710314 199702 1 001**

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP: 19601202 198701 1 001**

Rancang Bangun Sistem Identifikasi Gas Menggunakan Sinar UV-IR dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Nama : Happy Nugroho
NRP : 2212 204 002
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., M.T.
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Teknik otomatisasi untuk mengklasifikasi jenis gas diperlukan di beberapa aplikasi seperti monitoring lingkungan, pendeteksian terhadap kebocoran gas, diagnosa kesehatan, optimalisasi proses industri dan lainnya. Hal ini memerlukan teknik yang bersifat *robust* dan adaptif yang mampu merespon perubahan konsentrasi gas secara dinamis. Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem yang digunakan untuk mengukur dan mengenali jenis gas. Peralatan ini menggunakan metode spektrofotometri yang dilengkapi dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Prinsip kerja dari alat ini adalah cahaya yang terpancar dari deret 26 *Light Emitting Diode* (LED) dengan panjang gelombang yang berbeda mulai dari ultraviolet 385 nm sampai infrared 1720 nm diarahkan ke sampel gas yang berada di dalam kuvet melalui serat optik. Sebagian cahaya yang telah melewati sampel gas akan diteruskan menuju fotodioda. Deret LED tersebut menghasilkan pola serapan panjang gelombang yang spesifik dan unik untuk setiap gas yang diujikan. Pola sinyal ini diolah Jaringan Syaraf Tiruan untuk diklasifikasi agar dapat mengenali jenis gas secara otomatis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa Deret LED dengan panjang gelombang yang berbeda dan pengenalan pola Jaringan Syaraf Tiruan dapat mengenali jenis gas dengan tingkat kebenaran 60%.

Kata Kunci : deret LED, jaringan syaraf tiruan dan spektrofotometri

Design of Gas Identification System Using UV-IR Light Based on Artificial Neural Network Method

Name : Happy Nugroho
Student Identity Number : 2212 204 002
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

Automation engineering for classifying the types of gas in several applications are required in several applications such as monitoring of environment, detecting of the gas leakage, diagnosing of health, optimizing of the industrial process and other purposes. These applications require a robust and adaptif technique that can adapt to any changes of gas concentration dynamically. This research has designed a system that is used for measuring and identifying the type of gas. This device uses the method of spectrophotometric and artificial neural network. The principle work of this device is the light emitted over twenty six Light Emitting Diode Array (LEDs) with various wavelengths starting from Ultraviolet light-385 nm to Infrared light-1720 nm were absorbed by the sample gas inside the chamber through fiber optics. The lights that has passed through the sample gas would be received by the photodiode. Those twenty six LEDs array produced its specific and unique absorbance for each gas. This absorbed signals would have been processed by artificial neural network as input signal learning and identification process. The recognition system in this study has 60% success rate.

Key Words : artificial neural network, LED array and spectrophotometric.


KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala nikmat, rahmat, tuntunan dan karunia-Nya yang telah memberikan kesempatan dan jalan keluar dari setiap tantangan selama menempuh pendidikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul :

Rancang Bangun Sistim Identifikasi Gas Menggunakan Sinar UV-IR dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan.

Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT) pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyusunan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan dan ketulusan hati penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibunda Lisaria Gendraningsih Susetyowati dan Ayahanda Tukarno tercinta serta kakak tersayang Arum Wulandari atas segala doa, suport dan dorongan semangat-nya hingga tesis ini dapat selesai.
2. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran, bantuan serta bimbingan.
3. Bapak Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan bantuan.
4. Bapak Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D selaku koordinator program Pasca Sarjana jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Achmad Arifin, ST., M.Eng., Ph.D selaku koordinator Bidang Studi Elektronika.
6. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT selaku ketua jurusan Teknik Elektro.

- 
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis menempuh kuliah.
 8. Pak Edi Lybrech Talakua dan Mas Karisma Trinanda yang telah banyak memberikan masukan dan solusi selama pengerjaan tesis.
 9. Rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium 402, Mas Bakti, Rizki Anhar, Bagus, Bayu, Agung, Cak Sulfan, Mas Oky, Mas Gusdur, Cak Fauzan, Mas Syahri, Pak Ribut serta teman-teman bidang studi elektronika atas segala bantuan dan sumbangan pikiran dan tenaga dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan buku ini, oleh karenanya penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun untuk pengembangan selanjutnya agar apa yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Amin.

Surabaya, 23 Januari 2016

Happy Nugroho
2212204002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Hidung Elektronik Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan dan Aplikasinya di Berbagai Bidang.....	7
2.2 Simulasi Keakurasian Deret LED Berdasarkan Metode Spektrofotometri.....	10
2.3 Berbagai Aplikasi Teknologi Lanjut pada Alat Hidung Elektronik.....	13
2.4 Spektrofotometri.....	14
2.5 Cahaya.....	16
2.5.1 Ultraviolet.....	18
2.5.2 Infrared.....	22
2.6 Karakteristik <i>Light Emitting Diode</i>	26
2.7 Fotodioda.....	29
2.8 Jaringan Syaraf Tiruan.....	30
2.8.1 Metode Backpropagation.....	30
2.8.2 Topologi Jaringan Syaraf Tiruan <i>Multi Layer Perceptron</i>	31

2.9	Diagram <i>Fishbone</i>	34
BAB 3 METODA PENELITIAN.....		37
3.1	Rangkaian Decoder dan <i>Driver</i> LED.....	39
3.2	Rangkaian <i>Driver</i> Heater.....	41
3.3	Jenis Sampel Gas yang Digunakan.....	42
3.4	Perancangan Sumber Cahaya Deret LED.....	43
3.5	Rangkaian Penguat Non-inverting dan Sensor	44
3.6	Mekanik Proses Learning dan Identifikasi Gas Menggunakan metode spektrofotometri.....	46
3.7	Penerapan Hukum Lambert-Beer dengan Metode Spektrofotometri.....	48
3.8	Jaringan Syaraf Tiruan (<i>Neural Network</i>).....	49
3.9	Prosedur Pengambilan Data Pelatihan.....	50
3.10	Prosedur Learning/Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan.....	53
3.11	Prosedur Identifikasi Gas.....	43
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA SISTIM.....		57
4.1	Pengujian Sistim Aliran Udara dan Uap.....	57
4.2	Pengujian Rangkaian Spektrometer.....	58
4.3	Pengujian Rangkaian Fotometer.....	60
4.4	Identifikasi Gas Alkohol Menggunakan Jaringan Neural.....	62
4.5	Identifikasi Gas Amoniak Menggunakan Jaringan Neural.....	64
4.6	Identifikasi Uap Bensin Menggunakan Jaringan Neural.....	66
BAB 5 PENUTUP.....		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN.....		75
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....		137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penggunaan Parameter Berdasarkan Panjang Gelombang.....	11
Gambar 2.2	Karakterisasi Terhadap 18 LED yang digunakan.....	12
Gambar 2.3	Diagram skematik salah satu Sistim Optik.....	15
Gambar 2.4	Interaksi radiasi sinar dengan zat/materi.....	20
Gambar 2.5	Penentuan λ_{maks} suatu sampel.....	21
Gambar 2.6	Interaksi cahaya dengan ikatan elektron.....	23
Gambar 2.7	Ragam vibrasi untuk molekul triatom (AX_2) misal: pada molekul CH_2	25
Gambar 2.8	Gambar bagian-bagian LED serta simbolnya dalam rangkaian	27
Gambar 2.9	Hukum <i>Lambert Beer</i>	28
Gambar 2.10	Fotodioda dan lambangnya.....	29
Gambar 2.11	Topologi jaringan syaraf tiruan MLP.....	32
Gambar 2.12	Diagram <i>Fishbone</i> penelitian yang dilakukan.....	36
Gambar 3.1	Diagram blok sistim identifikasi gas.....	38
Gambar 3.2	Diagram blok proses identifikasi penelitian yang telah dilakukan.....	39
Gambar 3.3	Rangkaian decoder dan driver LED.....	40
Gambar 3.4	Elemen pemanas yang digunakan dalam percobaan.....	41
Gambar 3.5	Desain rangkaian <i>driver heater</i>	41
Gambar 3.6	Bentuk fisik dari rangkaian <i>driver heater</i> yang digunakan.....	42
Gambar 3.7	Desain rangkaian penguat non-inverting.....	45
Gambar 3.8	Bentuk fisik rangkaian penguat non-inverting dan fotodioda...	46
Gambar 3.9	Mekanik hasil pembuatan medium percobaan (chamber).....	47
Gambar 3.10	Mekanik perancangan tabung sampel gas untuk proses distribusi gas.....	47
Gambar 3.11	Bentuk fisik penerapan hukum Lambert-Beer.....	48
Gambar 3.12	Arsitektur jaringan syaraf tiruan.....	50

Gambar 3.13 Tampilan desain software untuk prosedur pengambilan data pembelajaran.....	53
Gambar 3.14 Desain program untuk proses <i>learning</i> /pembelajaran.....	55
Gambar 3.15 Desain program untuk proses identifikasi jenis gas.....	56
Gambar 4.1 Titik-titik dilakukan pengukuran laju aliran udara setiap <i>valve</i>	57
Gambar 4.2 Perancangan blok rangkaian spektrofotometer.....	58
Gambar 4.3 Perancangan blok rangkaian fotometer.....	61
Gambar 4.4 Pengujian rangkaian penguat non-inverting.....	61
Gambar 4.5a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi Gas alkohol.....	62
Gambar 4.5b Pola serapan yang terbentuk pada proses identifikasi gas alkohol.....	63
Gambar 4.6a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi Gas amoniak.....	65
Gambar 4.6b Pola serapan yang terbentuk pada proses identifikasi gas amoniak.....	65
Gambar 4.7a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi uap bensin.....	66
Gambar 4.7b Pola serapan yang terbentuk pada proses identifikasi uap bensin.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Karakterisasi Deret LED.....	11
Tabel 2.2	Parameter panjang gelombang pada 18 LED yang digunakan.....	12
Tabel 2.3	Spektrum gelombang elektromagnetik.....	16
Tabel 2.4	Klasifikasi sinar tampak dengan warna komplementernya.....	18
Tabel 2.5	Klasifikasi ultraviolet (UV).....	20
Tabel 2.6	Serapan simetri dan asimetri untuk molekul triatomik.....	26
Tabel 3.1	Pola target pada jaringan syaraf tiruan.....	43
Tabel 3.2	Pembagian rentang panjang gelombang deret LED.....	44
Tabel 3.3	Pola target pelatihan jaringan syaraf tiruan.....	50
Tabel 3.4	Pembagian banyaknya masukan jaringan neural terhadap rentang panjang gelombang deret LED.....	51
Tabel 3.5	Target output pola penyerapan.....	54
Tabel 4.1	Tabel pengukuran laju aliran uap / gas.....	58
Tabel 4.2	Pengukuran tegangan deret LED yang digunakan dalam percobaan.....	59
Tabel 4.3	Hasil pengujian penguat non-inverting.....	60
Tabel 4.4	Hasil proses identifikasi untuk gas alkohol.....	64
Tabel 4.5	Hasil proses identifikasi untuk gas amoniak.....	66
Tabel 4.6	Hasil proses identifikasi untuk uap bensin.....	68



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan terapan dan teknologi khususnya pada teknologi sensor di berbagai aplikasi mengalami perkembangan yang sangat cepat misalnya optimalisasi di dunia industri, monitoring lingkungan terhadap kebocoran gas, diagnosa kesehatan dan lainnya. Hal ini telah memunculkan ide untuk dilakukan percobaan dan penelitian oleh para ahli dengan tujuan untuk memenuhi prosedur-prosedur penting yang perlu diperhatikan seperti keselamatan jiwa dan kualitas produk untuk meningkatkan nilai jualnya. Oleh karena itu, pemerintah telah memberikan jaminan yaitu berupa hak kesehatan bagi warganya dan juga telah menetapkan standar kualitas udara bersih seperti yang tercantum pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 tahun 2009 tentang kesehatan, menetapkan bahwa kesehatan adalah hak asasi manusia yang merupakan hak fundamental setiap warga. Selain itu dalam Peraturan Pemerintah nomor 41 tahun 1999 mengenai tanggung jawab pemerintah dalam mengawasi standar tingkat pencemaran udara bersih yang berkaitan dengan kesehatan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, bangunan dan nilai estetika.

Namun pada kenyataannya di lapangan, usaha pemerintah berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 di atas masih belum maksimal karena ditemukannya beberapa kejadian yang sangat merugikan masyarakat bahkan dapat mengancam keselamatan jiwa orang banyak, seperti kelalaian pekerja yang menyebabkan karyawan pabrik menderita keracunan gas amoniak berbahaya, seorang anak yang menderita luka bakar kronis akibat kebocoran gas LPG hingga kasus lainnya seperti bertambahnya polutan berbahaya di kawasan Surabaya (Mulyarto, dkk.,

2005). Hal ini menyebabkan perlu adanya suatu alat yang handal, efisien, praktis untuk mendeteksi tingkat kebocoran gas yang bersifat *user friendly* sehingga siapapun, kapanpun dan dimanapun terjadi bencana khususnya mengenai senyawa gas berbahaya yang mampu mengancam jiwa manusia dapat diminimalkan risikonya.

Beberapa riset dan penelitian yang telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan di atas yang bertujuan untuk meningkatkan sistim deteksi dini khususnya untuk senyawa gas berbahaya agar risiko yang ditimbulkan dapat diminimalisir, dilakukan 5 macam pendekatan dengan metode yang berbeda-beda. Kelima pendekatan tersebut antara lain:

1. Pendekatan menggunakan sensor kimia (*chemical sensors*) yang mendeteksi sampel gas berdasarkan proses kimia antara partikel-partikel pembentuk senyawa sampel gas dengan jenis bahan material penyusun di permukaan sensor kimia. Pendekatan menggunakan sensor kimia ini antara lain: *Surface Acoustic Wave (SAW) sensors* (Arshak, dkk., 2004), *Quartz Cristal Microbalance (QCM) sensors* (Rivai, dkk., 2004), *Metal Oxide Sensors* (Rivai, dkk., 2012) (Fu, dkk., 2007), *e-Nose* berdasarkan deret sensor *Metal Oxide Sensors* (Rivai, dkk., 2011) (Jamal, dkk., 2010), *e-Nose* berdasarkan deret sensor *Polymer Composite Sensor* (Li, 2009).
2. Pendekatan menggunakan *biosensors* yang dimiliki oleh sistim indera penciuman makhluk hidup mamalia, memiliki kemampuan ideal dari segi sensitifitas maupun dilihat dari segi selektifitasnya sebagai pendeteksi senyawa gas (Li, 2009) (Arshak, dkk., 2004).
3. Pendekatan menggunakan *Gas Chromatography (GC) System*, secara umum merupakan metode analisa berdasarkan proses penguapan dari bahan sampel, baik berupa gas atau bahan lainnya yang dipanaskan terlebih dulu sehingga sifat dari sampel berubah bentuk menjadi keadaan yang tergolong gas (Rivai, dkk., 2011) (Li, dkk., 2009).

4. Pendekatan menggunakan sistim deteksi secara *real-time*, terbagi menjadi 2 metode, yaitu: Metode pertama, sistim berbasis *Mass-Spectrometer* (MS) yang hampir sama dengan *GC system* berdasarkan proses penguapan bahan sampel (berupa bentuk padat, cair maupun gas) dari proses pemanasan pada *analyte* agar diperoleh bentuk uap/gas untuk dimasukkan ke detektor gas sebagai bahan analisa sistim (Li, 2009) (Mustaqim, dkk., 2010). Metode kedua, *Optical Spectroscopy* berbasis pada penyerapan panjang gelombang cahaya yang berbeda-beda yang dilakukan terhadap senyawa-senyawa kimia yang diujikan, berdasarkan hukum *Lambert Beer*. Alat yang menggunakan metode *Optical Spectroscopy* ini terdiri dari 3 komponen utama, antara lain: *emitter*, *receiver* dan bahan sampel (*analyte*) yang diujikan (Wego, 2013) (Yeh, dkk., 2006).

5. Pendekatan terakhir menggunakan *Hybrid GC/Chemical Sensor System* yaitu sistim dengan metode gabungan yang menggunakan *Gas Chromatography* dan *chemical sensor* (Li, 2009). Metode ini menggabungkan sebuah *GC micro-column* dengan sensor gas *SnO* yang dirancang untuk mendeteksi senyawa campuran gas berupa unsur-unsur penyusun benzena, toluena dan dua isomer xylene yang telah tercampur dalam udara (Sanchez, dkk., 2006).

Keseluruhan metode dan pendekatan di atas memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Namun untuk teknologi *artificial electronic nose*, penulis ingin lebih mengembangkan metode pendekatan dengan *Optical Spectroscopy*, khususnya menggunakan spektrofotometer, karena memiliki beberapa keunggulan antara lain: memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, tingkat selektifitas yang baik dan kemampuan untuk mengidentifikasi mengenali pola-pola senyawa kimia organik tanpa harus memisahkan senyawa tersebut menjadi komponen-komponen molekulnya yang lebih kecil (Wilson, dkk., 2009).

Salah satu yang termasuk ke dalam pendekatan *Optical Spectroscopy* adalah metode spektrofotometri seperti yang telah dilakukan oleh Tai-Sheng Yeh (Yeh, 2006), maupun yang telah dilakukan oleh Peter C. Hauser (Hauser, 1994) yaitu berupa sistim pendeteksi senyawa gas dengan menggunakan deret LED sebagai sumber cahayanya kemudian ditangkap oleh fotodioda. Akan tetapi beberapa penelitian yang telah dilakukan masih memiliki tingkat selektifitas yang rendah sehingga jumlah sampel gas yang diujikan pun terbatas.

Solusi dari berbagai problem di atas yaitu dengan menambah jumlah sumber cahaya yang memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda agar pola penyerapan pada masing-masing sampel gas (*analyte*) bersifat unik (Wego, 2013) (Triantafyllou, dkk., 2008). Metode ini didukung oleh jaringan syaraf tiruan sebagai pengolah data yang telah terbukti dengan baik dan optimal untuk mengelompokkan jenis senyawa gas tertentu (Jamal, dkk., 2010) (Morsi, 2010).

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat mendukung program pemerintah lewat Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara dengan tujuan agar sistim yang telah dibuat nantinya mampu mengendalikan pencemaran udara. Usaha tersebut meliputi pendeteksi dini penyebaran gas polutan berbahaya dan menanggulangi polutan pencemar udara agar risiko yang ditimbulkan dapat ditekan seminimal mungkin.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang dihadapi dalam menyusun penelitian tesis ini antara lain:

1. Bagaimana sistim identifikasi gas ini mampu mengenali beberapa jenis gas dengan baik dan akurat.
2. Bagaimana mengatur agar intensitas sinar radiasi yang terpancar oleh deret LED optimal

3. Bagaimana cara menemukan metode yang tepat untuk menentukan besarnya konsentrasi gas yang ingin dianalisa.
4. Apa saja jenis gas yang mampu teridentifikasi setelah proses akuisisi data selesai dilakukan.
5. Bagaimana konfigurasi pancaran sinar radiasi pada rancangan deret LED yang optimal.
6. Bagaimana proses akuisisi data dilakukan mulai dari deret LED yang terpancar hingga data diolah oleh jaringan syaraf.
7. Bagaimana proses mengolah data yang baik agar sistim mampu mendeteksi dan mengelompokkan molekul-molekul senyawa gas dengan tepat dan akurat.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan disusunnya penelitian tesis ini yaitu:

1. Sistim yang akan dibuat mampu mengidentifikasi gas yang ingin dianalisa dengan hasil yang tepat dan akurat.
2. Sistim dapat memancarkan sinar radiasi dengan membatasi besarnya arus yang melewati deret LED sehingga LED tidak rusak
3. Sistim mampu mengukur besarnya konsentrasi molekul-molekul senyawa gas yang ingin dianalisa dengan baik.
4. Sistim mampu mengidentifikasi jenis molekul senyawa gas setelah proses akuisisi data selesai dilakukan.
5. Mampu menemukan konfigurasi yang tepat agar sumber cahaya (deret LED) dapat mengeluarkan pancaran cahaya dengan intensitas seperti yang diharapkan.
6. Mampu menemukan metode yang tepat untuk proses akuisisi data mulai dari deret LED yang terpancar hingga data diolah oleh jaringan syaraf.
7. Mampu menentukan metode yang optimal untuk mengolah data agar sistim dapat mengidentifikasi dan mengelompokkan data dengan baik.

Adapun manfaat penyusunan penelitian tesis ini diharapkan mampu mendukung perkembangan studi elektronika khususnya bidang teknologi sensor cahaya di berbagai aplikasi pengukuran. Salah satu contoh aplikasi yang memanfaatkan sistim berbasis spektrofotometri yaitu sebagai deteksi dan pencegahan dini untuk monitoring batas ambang gas polutan berbahaya yang ada di udara dengan menggunakan deret led sebagai sumber radiasi.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas sesuai dengan tujuan judul yang ditetapkan, maka batasan masalah dari penelitian ini memiliki ruang lingkup pembahasan diantaranya:

1. Proses identifikasi sampel gas dilakukan di dalam *chamber* yang telah tertutup rapat.
2. Jenis sampel gas yang akan dianalisa yaitu: Amoniak (NH_3), Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$), dan bensin.
3. Metode untuk mengklasifikasi gas yaitu metode pembelajaran dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan.
4. Sumber cahaya yang digunakan yaitu 26 unit *Light Emitting Diode* (LED) yang memiliki rentang panjang gelombang berbeda-beda.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Penelitian riset mengenai teknologi indera penciuman buatan mulai diaplikasikan sejak tahun 1968 oleh C. Roscioni dan G. De Ritis. Menurut mereka bahwa saat itu memungkinkan untuk dilakukan diagnosa kesehatan dengan menggunakan aroma/bau dari jaringan tubuh yang ingin dianalisa. Kemudian pada tahun 1982, oleh K.C. Persaud dan G. Dodd mulai melakukan inovasi baru untuk sistim indera penciuman buatan yakni deret multisensor untuk mendeteksi gas yang pertama kali ditemukan.

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi diberbagai bidang seperti pada bidang-bidang teknologi sensor khususnya sensor untuk penciuman buatan, elektronika, biokimia dan jaringan syaraf tiruan sehingga dapat menciptakan suatu alat yang mampu memanfaatkan aroma/bau yang dilepaskan oleh sumber yang ingin di analisa. Oleh Pelosi, dkk., 1988, alat ini didesain untuk memperoleh pengukuran yang dilakukan terus-menerus dan berulang-ulang serta mampu mengidentifikasi aroma/bau tertentu tanpa harus memperhatikan faktor kelelahan operator, yang kemudian alat ini dikenal dengan Hidung Elektronik (*electronic nose*).

2.1 Hidung Elektronik Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan dan Aplikasinya di Berbagai Bidang

Berbagai macam aplikasi dari hidung elektronik antara lain monitoring pada: kualitas dan kesegaran makanan, produk susu dan keju, produk daging, produk ikan dan makanan laut, produk pertanian dan perkebunan, ilmu patologi bidang medis serta deteksi terhadap beberapa jenis bahan kimia.

Menurut Maria Jamal, dkk., 2010 bahwa ada dua komponen utama hidung elektronik, yakni: sistim indera peraba dan sistim pengenalan pola

secara otomatis. Syarat-syarat yang harus dipenuhi jika mendesain suatu peralatan hidung elektronik, antara lain:

1. Jalur pengiriman sampel Amoniak (NH_3), Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$), bensin dan Udara Bersih yang berfungsi untuk mengirimkan analit dari sumber material gas (sumber gas) menuju sistim deret *multisensor*.
2. Kuvet / *chamber* (tabung reaksi) tempat untuk sensor dipasang, yang biasanya memiliki suhu dan kelembaban yang relatif stabil.
3. Transduser untuk mengubah besaran kimia menjadi sinyal-sinyal elektrik, kemudian dilakukan penguatan sinyal.
4. Konverter digital yang mengubah nilai-nilai besaran fisis menjadi besaran elektrik dari kondisi analog ke bentuk digital.
5. Mikroprosesor komputer untuk membaca sinyal-sinyal digital dan mengidentifikasi sinyal tersebut untuk dapat ditampilkan di output.

Sehingga penting sekali memperhatikan hubungan antara sistim pengiriman analit dan pemilihan jenis deret *multisensor* yang akan digunakan (Jamal, dkk., 2010).

Hidung elektronik memungkinkan untuk mengidentifikasi sampel senyawa organik tanpa harus mengidentifikasi terlebih dahulu masing-masing molekul unsur yang ada di dalam sampel yang ingin dianalisa. Diperlukan biaya yang mahal untuk membuat sebuah perangkat hidung elektronik yang memiliki tingkat selektifitas yang tinggi dengan menggunakan sensor kimia.

Sebuah perangkat hidung elektronik terdiri dari suatu deret *multisensor*, unit pemroses sinyal/informasi, suatu *software* dengan algoritma pengenalan pola digital dan referensi data sampel yang telah tersimpan dalam memori database.

Uap, gas, aroma maupun bau kimia yang tertangkap oleh deret sensor akan menghasilkan pola atau tanda yang bersifat unik pada masing-masing sampel gas yang ingin dianalisa. Dengan adanya sampel gas yang

berbeda-beda akan diperoleh pola tanggapan atau respon sensor terhadap sampel gas yang akan berbeda pula (unik), maka dibutuhkan suatu database untuk menyimpan pola tanggapan tersebut. Pola tanggapan pada beberapa molekul senyawa gas yang unik ini akan diproses untuk diidentifikasi dan diklasifikasi dengan menggunakan unit pemroses informasi seperti jaringan syaraf tiruan. Pengenalan pola pada jaringan syaraf ini dilakukan melalui proses pelatihan dengan menggunakan algoritma pengenalan pola dengan tujuan untuk memperoleh nilai perbedaan yang khas pada setiap analit. Proses pelatihan ini dilakukan secara berulang-ulang untuk memperoleh nilai *error* / kesalahan terkecil. Hasil proses pelatihan akan disimpan di dalam referensi memori database. Data-data referensi yang ada dalam memori database ini akan digunakan untuk membandingkan data gas yang tidak diketahui dengan data referensi sampel gas yang telah tersimpan dalam database, pola tanggapan mana yang lebih memiliki kesamaan pola agar dapat diketahui jenis gasnya. Untuk memperoleh identitas gas yang ingin dianalisa (analit) ini dilakukan tanpa harus memisahkan molekul senyawa analit ini menjadi komponen-komponennya secara terpisah.

Menurut Maria Jamal, dkk., 2010, metoda pengenalan pola yang digunakan adalah algoritma pembelajaran Backpropagasi sebagai standar pelatihan jaringan *feed-forward* layer banyak. Dalam papernya ini, arsitektur jaringan syaraf perceptron layer banyak (*multi layer perceptron*) menggunakan algoritma pembelajaran backpropagasi dan *Generalized Delta Rule*. Beberapa konfigurasi dan algoritma pelatihan telah banyak digunakan untuk merancang peralatan hidung elektronik, seperti pembelajaran Backpropagasi, jaringan *feed-forward*, *fuzzy ARTmaps*, *Kohonen's self organizing maps* (SOMs), *Learning Vector Quantizers* (LVQ), jaringan *Hamming*, *Boltzmann machines* dan jaringan *Hopfield*.

Sensor yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya: Sensor *tin-oxide* sebanyak 9 unit, antara lain: Sensor TGS 109, Sensor TGS 822, Sensor TGS 813, Sensor TGS 821, Sensor TGS 824, Sensor TGS 825, Sensor TGS 842, Sensor TGS 880, Sensor kelembaban (Sensor NH-02), dan

Sensor suhu (Sensor 5KD-5) sebanyak 2 unit. Sensor kelembaban dan sensor suhu digunakan sebagai alat untuk memonitoring kondisi lingkungan.

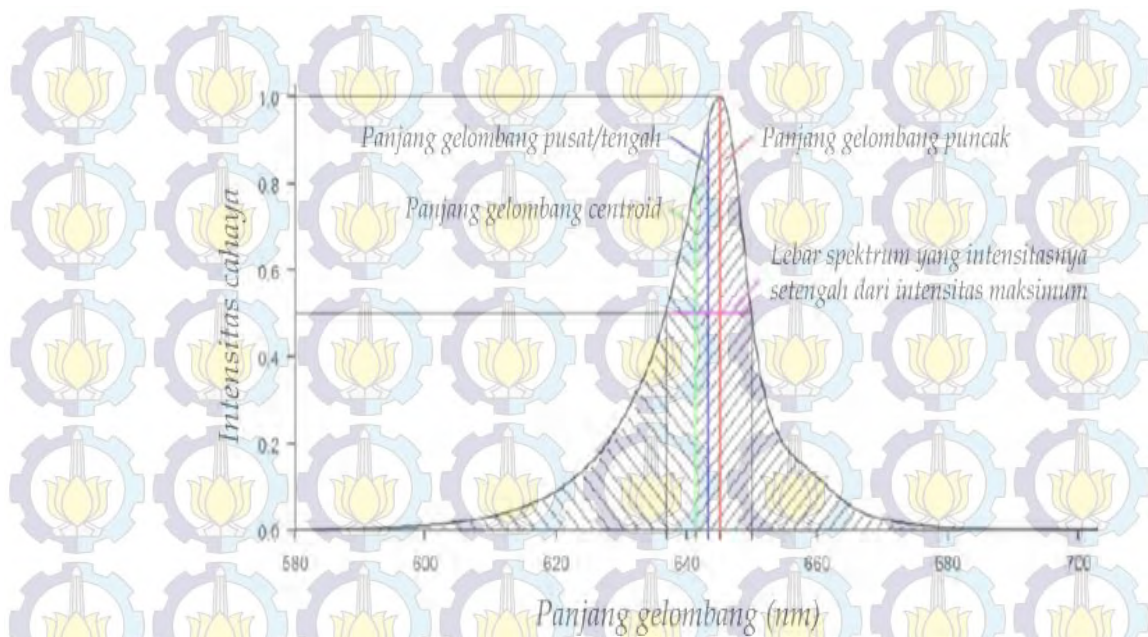
2.2 Simulasi Keakurasian Deret LED Berbasis Spektrofotometer

Menurut Wego, 2013 menjelaskan penelitian yang dilakukan berdasarkan pada 18 *Light Emitting Diodes* (LEDs) yang memiliki rentang panjang gelombang sinar tampak/*visible* (Vis) berkisar antara 390 – 710nm. Untuk memperoleh warna yang baik dan jelas maka konfigurasi panjang gelombang yang unik harus dipenuhi terlebih dahulu, karena hal ini yang sangat mempengaruhi baik atau tidaknya hasil penelitian yang dilakukan.

Salah satu cara untuk memperoleh data panjang gelombang dengan warna berbeda-beda adalah dengan menyorotkan sumber cahaya dengan rentang panjang gelombang yang lebar (*broadband*), misal cahaya putih, kemudian diarahkan ke prisma optik sebagai kisi difraksi. Beberapa komponen cahaya yang terpisah berdasarkan panjang gelombang tadi tampak menyerupai warna-warna kontinu yang digunakan sebagai sumber cahaya pada beberapa penelitian yang telah ada.

Gambar 2.1 merupakan karakterisasi sebuah LED untuk menetapkan warna-warna yang digunakan pada penelitian. Penetapan karakteristik LED ini berdasarkan nilai-nilai parameter berupa: *Peak Wavelength*, *Center Wavelength*, *Centroid Wavelength* dan *Dominant Wavelength*. Parameter-parameter ini menentukan bentuk dan kemiringan kurva.

Pancaran sinar dari beberapa deret LED sinar tampak (*visible*) yang telah terstandarisasi dengan panjang gelombang berbeda-beda diarahkan ke objek. Untuk mendeteksi informasi pada masing-masing pancaran cahaya maka digunakan sebuah sensor fotodiode silikon. Alasan penggunaan LED ini sebagai sumber radiasi berbasis pengukuran spektrofotometri yaitu karena disamping harganya yang relatif terjangkau dan mudah untuk diterapkan juga memiliki rentang panjang gelombang yang sempit atau kecil (*narrowband*).



Gambar 2.1 Penggunaan parameter berdasarkan panjang gelombang

(Sumber: Wego, A., 2013)

Jenis parameter-parameter yang perlu diperhatikan untuk mengkarakterisasi deret LED yang digunakan sebagai sumber cahaya dapat dilihat seperti Tabel 2.1 di bawah. Sedangkan pada Tabel 2.2 di bawah ini merupakan beberapa nilai parameter yang telah diukur dalam menentukan bentuk kurva pada karakteristik LED.

Tabel 2.1 Parameter karakterisasi deret LED

Nama Parameter	Definisi
Panjang gelombang puncak	Nilai dari panjang gelombang pada intensitas maksimum (dalam satuan nm)
Lebar spektrum pada intensitas setengah dari maksimum (<i>Full Width Half Maximum/FWHM</i>)	Lebar panjang gelombang dimana besar intensitasnya adalah setengah dari intensitas maksimum (dalam satuan nm)
Panjang gelombang pusat/tengah	Nilai dari rata-rata hitung pada panjang gelombang FWHM (dalam satuan nm)
Panjang gelombang <i>centroid</i>	Nilai dari panjang gelombang dimana integral radiasi dayanya berada (dalam satuan nm)
CIE xy	Color Locus merujuk pada diagram kromatisitas
Panjang gelombang dominan	Panjang gelombang yang sesuai dengan yang terlihat oleh mata manusia (dalam satuan nm)

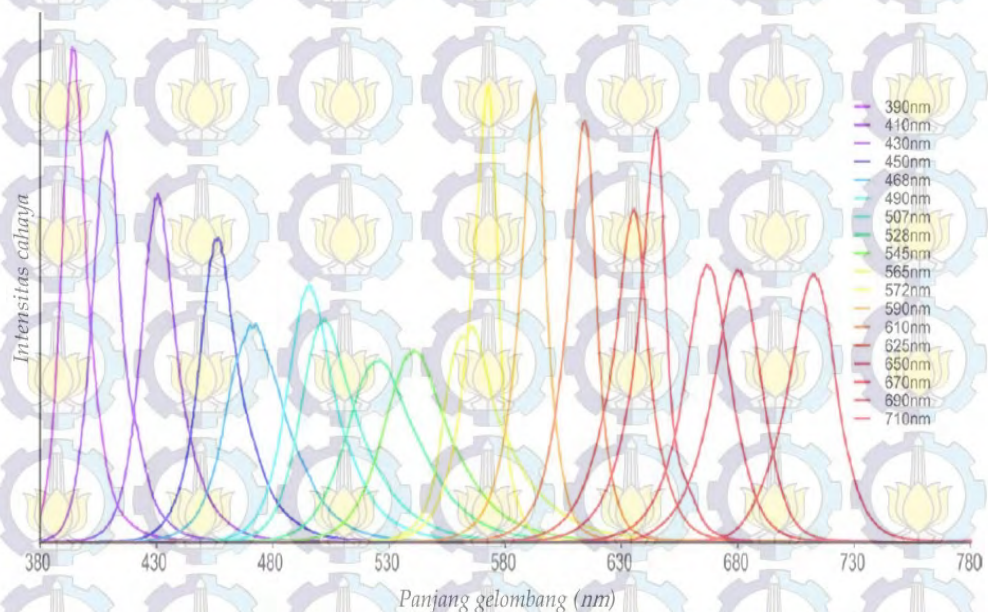
Sumber: Wego, 2013.

Tabel 2.2 Parameter panjang gelombang pada 18 LED yang digunakan

Type	Given peak WL [nm]	Peak WL [nm]	Center WL [nm]	Centroid WL [nm]	Domin. WL [nm]
VL390-5-15	390	393.8	395.1	399.0	445.2
VL410-5-15	410	409.0	409.0	412.2	434.0
LED430-06	430	430.8	431.3	434.2	440.6
LED450-03	450	456.9	457.3	460.1	462.3
B5B-437-IX	468	472.8	473.5	476.1	476.4
LED490-03	490	496.1	496.8	500.0	498.1
B5-433-B505	505	502.7	504.6	509.2	507.2
B5-433-B525	525	526.3	527.7	530.7	533.4
LED545-01	545	540.6	542.3	545.7	548.8
LED565-33 U	565	566.3	566.4	574.4	571.3
B5-433-20	572	572.6	571.4	570.0	570.1
CY5111A-WY	590	593.0	592.2	591.0	589.9
LED610-03 V	610	614.4	613.2	611.8	608.2
B5-435-TL	628	635.8	634.2	632.6	623.7
ELD-650-523	650	645.2	643.5	641.5	632.1
ELD-670-524	670	666.6	667.3	666.4	646.8
LED690-03AU	690	680.0	680.1	678.6	654.1
LED710-01AU	710	712.3	712.1	711.1	638.7

Sumber: Wego, 2013.

Berdasarkan Gambar 2.2 di atas menjelaskan bahwa LED yang memiliki lebar pada rentang panjang gelombang yang semakin sempit (*narrowband*) memiliki intensitas cahaya yang tinggi sedangkan sebaliknya, LED yang memiliki lebar pada panjang gelombang yang semakin lapang/luas memiliki intensitas cahaya yang rendah/redup.



Gambar 2.2 Karakterisasi terhadap 18 LED yang digunakan

(Sumber: Wego, 2013)

2.3 Berbagai Aplikasi Teknologi Lanjut pada Alat Hidung Elektronik

Tidak seperti proses analisis konvensional, alat ini dapat mengidentifikasi sampel senyawa organik tanpa harus mengidentifikasi terlebih dahulu masing-masing molekul unsur yang ada di dalam sampel yang ingin dianalisa. Karena menurut Wilson dan, 2009 bahwa proses identifikasi senyawa tunggal maupun kompleks dapat dilakukan tanpa harus memisahkan sampel molekul-molekul senyawa menjadi komponen-komponennya secara terpisah baik sebelum maupun saat proses analisa dilakukan.

Berbagai macam sistim prototipe untuk mendeteksi aroma/bau telah dikembangkan untuk meningkatkan performansinya. Berdasarkan mekanisme/cara kerjanya, Sichu Li, 2009 membedakan prinsip dasar teknologi pendeteksinya melalui tipe-tipe sensor yang digunakan, antara lain: sensor kimia (*chemical sensors*), *biosensors*, *Chromatography* (GC) *System*, *Mass-Spectrometer* (MS), *Optical Spectroscopy* dan *Hybrid GC/Chemical Sensor System*.

Keseluruhan metode dan pendekatan di atas memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Namun untuk teknologi *artificial electronic nose*, penulis ingin lebih mengembangkan metode pendekatan dengan *Optical Spectroscopy*, khususnya menggunakan spektrofotometer, karena memiliki beberapa keunggulan antara lain: memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, tingkat selektifitas yang baik dan kemampuan untuk mengidentifikasi mengenali pola-pola senyawa kimia organik tanpa harus memisahkan senyawa tersebut menjadi komponen-komponen molekulnya yang lebih kecil (Wilson, dkk., 2009).

Salah satu yang termasuk ke dalam pendekatan *Optical Spectroscopy* adalah metode spektrofotometri seperti yang telah dilakukan oleh Ansgar Wego, 2013 atau Tai-Sheng Yeh, 2006, maupun yang telah dilakukan oleh Peter C. Hauser, 1994 yaitu berupa sistim pendeteksi senyawa gas dengan menggunakan deret LED sebagai sumber cahayanya

kemudian ditangkap oleh fotodiode. Akan tetapi beberapa penelitian yang telah dilakukan masih memiliki tingkat selektifitas yang rendah sehingga jumlah sampel gas yang diujikan pun terbatas.

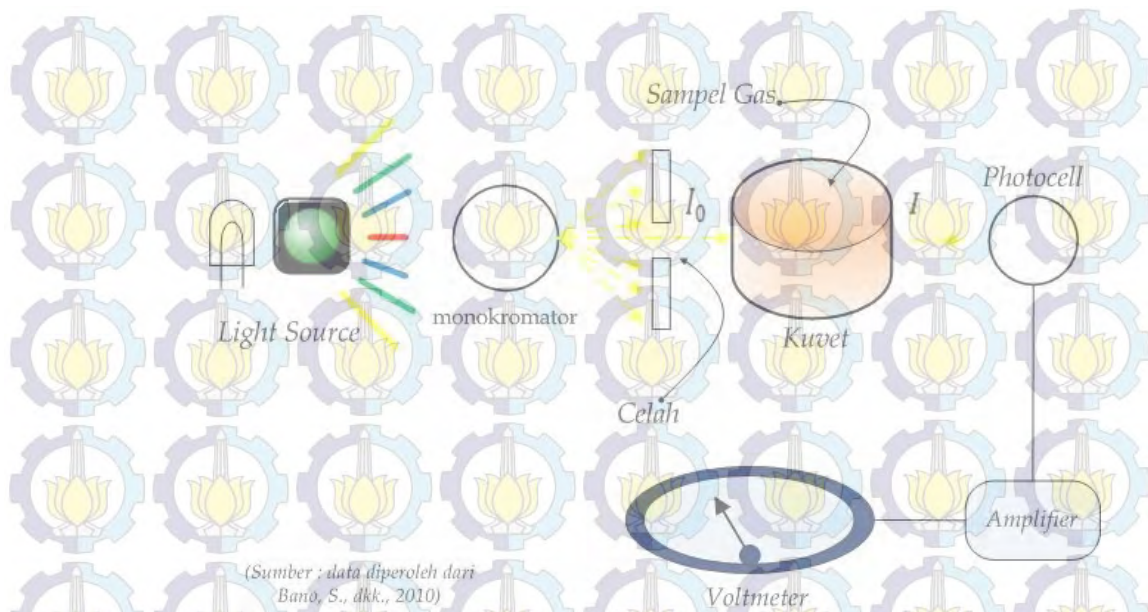
Solusi dari berbagai problem di atas yaitu dengan menambah jumlah sumber cahaya yang memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda agar pola penyerapan pada masing-masing sampel gas (*analyte*) bersifat unik (Wego, 2013) (Triantafyllou, dkk., 2008). Metode ini didukung oleh jaringan syaraf tiruan sebagai pengolah data yang telah terbukti dengan baik dan optimal untuk mengelompokkan jenis senyawa gas tertentu (Jamal, dkk., 2010) (Morsi, 2010).

2.4 Spektrofotometri

Spektrofotometri adalah metode pengukuran kuantitatif pada refleksi transmisi dari material sebagai fungsi dari panjang gelombang (λ). *Spektrofotometri* melibatkan penggunaan suatu alat yang disebut spektrofotometer. Spektrofotometer ini dapat mengukur intensitas sebagai fungsi dari panjang gelombang pada sumber cahaya. Fitur penting dalam peralatan ini adalah *spektral bandwidth* dan pengukuran penyerapan atau pemantulan pada rentang yang linier.

Menurut Sichu Li, 2009 menjelaskan bahwa prinsip kerja dari spektrofotometri adalah berdasarkan penyerapan cahaya yang berbeda-beda oleh senyawa kimia organik pada rentang panjang gelombang tertentu dengan menerapkan prinsip hukum Lambert-Beer.

Spektrofotometer biasanya digunakan untuk mengukur transmisi maupun pemantulan dari cairan transparan. Alat ini dirancang untuk mengukur penyerapan pada rentang panjang gelombang cahaya tertentu yang umumnya dapat bekerja pada gelombang 200 nm – 2500 nm menggunakan kontrol dan kalibrasi yang berbeda. Dalam *range* cahaya tertentu, kalibrasi dibutuhkan pada mesin menggunakan standar yang bervariasi tergantung pada panjang gelombang determinasi fotometrik.



Gambar 2.3 Diagram skematik salah satu sistem optik

(Sumber: Bano, dkk., 2013)

Pada Gambar 2.3 sebelumnya, sumber cahaya (*light source*) memancarkan sinar radiasi ke arah monokromator. Kemudian oleh monokromator, pancaran sinar radiasi yang tertangkap akan dipecah-pecah menjadi beberapa macam jenis cahaya, antara lain:

1. cahaya tampak (*visible*)
2. cahaya ultraviolet (UV), dan
3. cahaya *infrared* (IR).

Cahaya-cahaya yang terpisah-pisah tadi akan diarahkan ke kuvet melalui suatu alat yang memiliki celah yang diatur sedemikian yang hanya mampu dilewati cahaya satu per satu hingga diteruskan ke bagian *photocell* yang berfungsi mengubah tenaga radiasi menjadi arus listrik. Beberapa macam cahaya ini akan dipilih secara bergantian untuk memperoleh pola serapan panjang gelombang yang unik pada sampel gas yang berbeda.

Spektrofometer terdiri dari dua komponen utama, yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrometer digunakan untuk menghasilkan cahaya, sedangkan fotometer digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang ada.

Sebuah benda memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang cahaya tertentu dan meneruskan atau memantulkan gelombang cahaya yang lain. Sifat ini yang digunakan untuk pengukuran pada spektrofotometer. Gelombang cahaya yang diteruskan oleh sampel gas ini yang kemudian akan diukur oleh sensor fotodiode.

2.5 Cahaya

Medan listrik dan medan magnetik yang berfluktuasi bersama dapat membentuk gelombang merambat, yang sering dinamakan sebagai gelombang elektromagnetik, atau yang biasa disebut cahaya. Perubahan ini akan menghasilkan perubahan medan magnetik yang lain. Gelombang hasil perubahan medan ini juga bisa menghasilkan sinar UV, sinar X, dan sinar Gamma.

Tabel 2.3 di bawah menunjukkan pembagian jenis-jenis cahaya berdasarkan pada panjang gelombangnya.

Tabel 2.3 Spektrum gelombang elektromagnetik

Kategori Spektrum Elektromagnetik	Sub-Kategori Spektrum Elektromagnetik	Panjang Gelombang (nm)	Jenis Warna Spektrum	Keterangan
Ultraviolet	UV	$100 \leq \lambda < 400$		Ultraviolet
	UV-C	$100 \leq \lambda < 280$		Ultraviolet C
	UV-B	$280 \leq \lambda < 315$		Ultraviolet B
	UV-A	$315 \leq \lambda < 400$		Ultraviolet A
Visible / Tampak	VIS	$380 \leq \lambda < 760$		Optik
		$360 \leq \lambda < 450$		Ungu
		$450 \leq \lambda < 500$		Biru
		$500 \leq \lambda < 570$		Hijau
		$570 \leq \lambda < 591$		Kuning
		$591 \leq \lambda < 610$		Oranye
		$610 \leq \lambda < 761$		Merah
Infrared	IR	$760 \leq \lambda < 1000000$		Infrared
	IR-A	$760 \leq \lambda < 1400$		Near Infrared
	IR-B	$1400 \leq \lambda < 3000$		Middle Infrared
	IR-C	$3000 \leq \lambda < 1000000$		Far Infrared

Sumber: ISO, 2007.

Sebuah gelombang elektromagnetik memiliki frekuensi, kecepatan dan panjang gelombang yang dikaitkan dengan persamaan :

$$v = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

dimana, v adalah kecepatan benda bergerak (ms^{-1}), f adalah frekuensi (Hz), dan λ adalah panjang gelombang (m).

Dari Persamaan 2.1 di atas, bahwa semakin besar panjang gelombang (λ) maka frekuensi (f) yang dihasilkan akan semakin kecil.

Pada ruangan hampa udara, kecepatan gelombang akan sama dengan kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 m/s$), maka dari Persamaan 2.1 sebelumnya akan menjadi :

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.2)$$

dimana, c adalah cepat rambat cahaya di udara ($3 \times 10^{10} cm s^{-1}$), f adalah frekuensi (Hz), dan λ adalah panjang gelombang (cm).

Mata manusia hanya dapat melihat cahaya pada daerah cahaya tampak. Panjang gelombang di bawah cahaya tampak adalah ultraviolet dan panjang gelombang di atas cahaya tampak adalah *infrared*. Pada Tabel 2.4, disajikan klasifikasi sinar tampak beserta warna komplementernya (bila dicampurkan jadi tidak berwarna).

Semakin besar panjang gelombang suatu partikel cahaya maka semakin kecil energi foton yang dimiliki partikel tersebut, yang dituliskan dengan persamaan:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.3)$$

dimana, E adalah energi foton (*joule*), h adalah konstanta ketetapan *Plank* ($6,624 \times 10^{-34} \text{ Joule detik}$), c adalah cepat rambat cahaya ($3 \times 10^{10} cm \text{ detik}^{-1}$), dan λ adalah *lambda* atau panjang gelombang (cm).

Tabel 2.4 Klasifikasi sinar tampak dengan warna komplementernya

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
$400 \leq \lambda < 435$	violet/ungu lembayung	Hijau kekuningan
$435 \leq \lambda < 480$	Biru	Kuning
$480 \leq \lambda < 490$	Biru kehijauan	Jingga
$490 \leq \lambda < 500$	Hijau kebiruan	Merah
$500 \leq \lambda < 560$	Hijau	Ungu kebiruan
$560 \leq \lambda < 580$	Hijau kekuningan	Ungu
$580 \leq \lambda < 610$	Jingga	Biru kehijauan
$610 \leq \lambda < 680$	Merah	Hijau kebiruan
$680 \leq \lambda < 800$	Ungu kemerah-merahan	Hijau

Sumber: Sitorus, 2009.

Dari Persamaan 2.3 sebelumnya, dimana besarnya energi foton (E) selalu berbanding terbalik terhadap panjang gelombang (λ). Karena besarnya konstanta *Plank* (h) dan cepat rambat cahaya (c) adalah konstan maka besarnya energi foton (E) yang dihasilkan umum disajikan dalam bilangan gelombang atau frekuensi, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \quad (2.4)$$

dimana, ν adalah bilangan gelombang (m^{-1}), dan λ adalah panjang gelombang (m).

Untuk selanjutnya satuan energi cahaya yang digunakan adalah bilangan gelombang.

2.5.1 Ultraviolet

UV atau ultraviolet adalah bentuk radiasi elektromagnetik yang tidak tampak yang memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya yang dapat dilihat oleh manusia. Ultraviolet mengandung lebih banyak energi daripada cahaya tampak dan terkadang dapat merusak ikatan atom

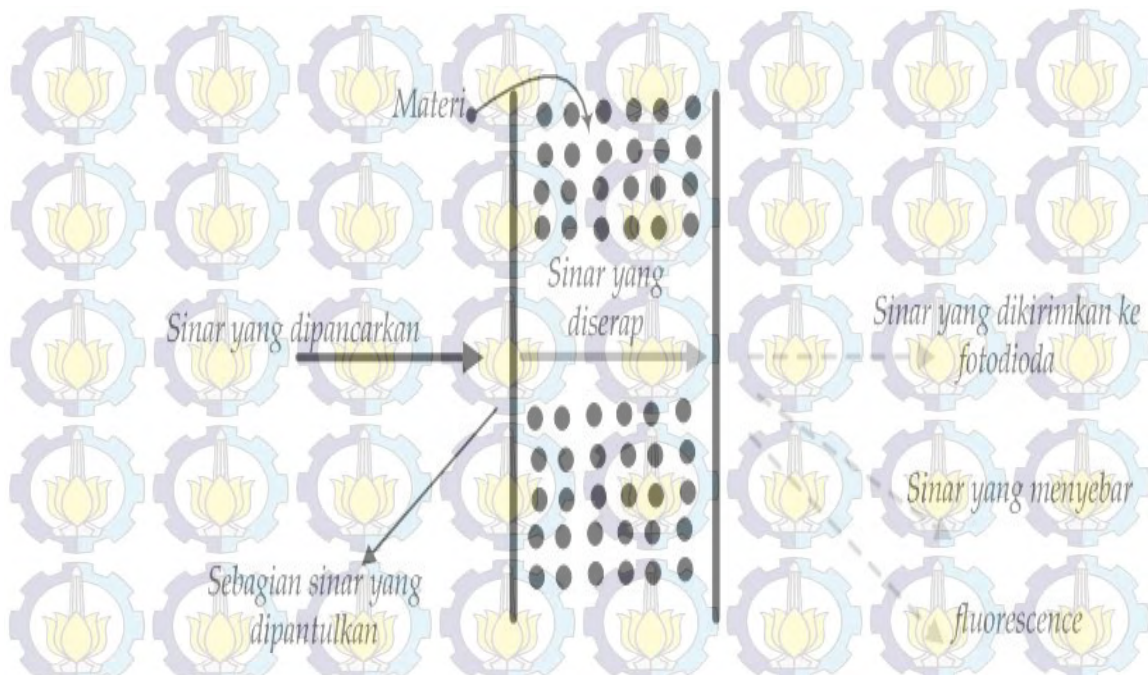
dan molekul. Cahaya ultraviolet ini juga dapat menyebabkan beberapa substansinya untuk memancarkan cahaya tampak, yang disebut sebagai *fluorescence*.

Ketika suatu radiasi gelombang elektromagnetik ditembakkan ke suatu zat/materi, tidak semua radiasi gelombangnya dapat diteruskan. Sebagian gelombangnya akan dipantulkan kembali, diserap oleh materi tersebut dan menyebar serta berfluorisasi. Besarnya gelombang radiasi yang dapat diteruskan tergantung dari besarnya konsentrasi atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul yang membentuk materi tersebut. Hal ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.4 di bawah.

Bentuk cahaya ultraviolet dapat menguntungkan untuk kesehatan, sebagaimana digunakan tubuh untuk menstimulasi pembentukan vitamin D dan membunuh mikroorganisme merugikan, tetapi penyinaran yang berlebihan dapat menyebabkan terbakarnya sel-sel dalam tubuh dan menambah kemungkinan kanker kulit.

Ultraviolet berarti di atas violet (ungu). Pada spektrum cahaya tampak, panjang gelombang berkurang dan energi semakin bertambah dari merah, oranye, kuning, hijau, biru, dan violet, jadi cahaya ultraviolet memiliki panjang gelombang terpendek dan lebih banyak energi daripada cahaya violet atau ungu.

Bila cahaya berinteraksi dengan molekul organik maka yang dipengaruhi oleh cahaya tersebut adalah struktur ikatan elektron yang ada di dalam zat/materi tersebut. Dalam molekul organik pada umumnya ikatan kovalen adalah pemakaian bersama pasangan elektronnya. Interaksi antara cahaya dan ikatan pada molekul organik berdasarkan panjang gelombang maupun energi radiasi. Pada klasifikasi alternatif yang digunakan untuk astronomi, klasifikasinya adalah *near, middle, far, dan extreme*.



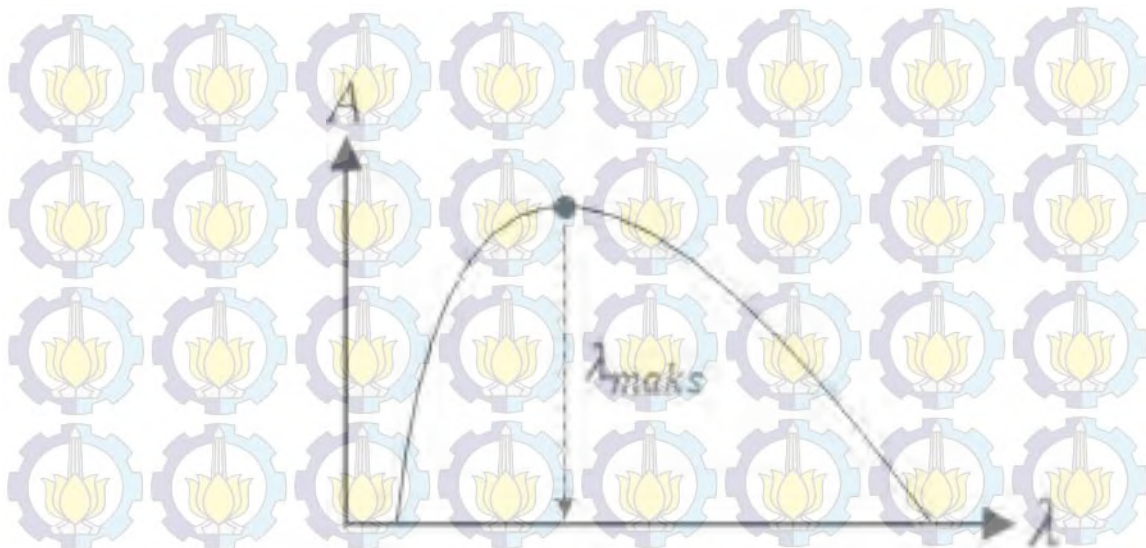
Gambar 2.4 Interaksi radiasi sinar dengan zat/materi

Gambar 2.5 di bawah merupakan hubungan antara nilai absorbansi (A) terhadap panjang gelombang (λ). Panjang gelombang diukur dalam satuan nanometer (nm) dan range panjang gelombang ultraviolet adalah berada di antara 10 (nm) dan 400 (nm) yang diklasifikasikan menjadi UV-A, UV-B, dan UV-C.

Tabel 2.5 Klasifikasi Ultraviolet (UV)

Sub-Kategori Spektrum Elektromagnetik	Panjang Gelombang (nm)	Energi per Foton (eV)	Keterangan
UVA	$315 \leq \lambda < 400$	3.10 - 3.94	Ultraviolet A
UVB	$280 \leq \lambda < 315$	3.94 - 4.43	Ultraviolet B
UVC	$100 \leq \lambda < 280$	4.43 - 12.4	Ultraviolet C
NUV	$300 \leq \lambda < 400$	3.10 - 4.13	Near Ultraviolet
MUV	$200 \leq \lambda < 300$	4.13 - 6.20	Middle Ultraviolet
FUV	$122 \leq \lambda < 200$	6.20 - 10.16	Far Ultraviolet
EUV	$10 \leq \lambda < 121$	10.25 - 12.4	Extreme Ultraviolet

Sumber: ISO, 2007.



Gambar 2.5 Penentuan λ_{maks} suatu sampel gas

(Sumber: Sitorus, 2009)

Panjang gelombang untuk transisi elektronik adalah spesifik yang dikenal sebagai λ_{maks} yaitu panjang gelombang yang memberikan absorbansi maksimum dan merupakan dasar dari analisa kualitatif yang dapat ditentukan secara eksperimen dengan membuat kurva salah satu standar antara absorbansi (A) terhadap panjang gelombang (λ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Berdasarkan Tabel 2.5 sebelumnya menunjukkan pengklasifikasian cahaya ultraviolet berdasarkan panjang gelombangnya beserta besarnya energi foton yang dimiliki.

Bila cahaya Ultraviolet (UV) dikenakan pada senyawa maka sebagian dari cahaya tersebut akan diserap oleh molekul yang mempunyai tingkat energi yang spesifik. Setiap molekul mempunyai tingkat energi dasar/*Ground State* (GS) yang spesifik. Sinar yang diserap adalah untuk menaikkan ikatan elektron ke tingkat energi eksitasi *Excited State* (ES). Besarnya penurunan intensitas sinar ($\Delta I = I - I_0$) tergantung pada jenis pengabsorpsi dan tergantung juga dengan konsentrasi penyerap. Penentuan jenis pengabsorpsi nantinya digunakan sebagai dasar analisa kualitatif, sedangkan penentuan untuk mengetahui nilai konsentrasi penyerap digunakan sebagai dasar analisa kuantitatif.

Karena level energi *Ground State* (GS) ke *Excited State* (ES) tiap molekul spesifik maka sinar (E) yang diserap juga spesifik yang merupakan dasar analisa kualitatif. Untuk menaikkan elektron ke keadaan tereksitasi (ES) yang lebih tinggi maka dibutuhkan cahaya dengan energi yang tinggi atau energi dengan panjang gelombang lebih pendek. Karena hakikat ikatan adalah pasangan elektron, maka menurut Sitorus ada 3 jenis ikatan yang terdapat pada molekul organik yaitu:

1. Ikatan sigma (σ)
2. Ikatan pi (π)
3. Pasangan elektron bebas (*non-bonding elektron* = n)

Secara umum kekuatan ketiga ikatan di atas adalah $\rho > \pi > n$ atau $E_\sigma < E_\pi < E_n$. Sinar ultraviolet (UV) memiliki panjang gelombang (λ) yang pendek sehingga memiliki energi foton yang besar. Energi yang besar ini mampu mengeksitasi elektron yang ada dalam molekul gas/uap. Elektron yang tereksitasi akan menghasilkan cahaya yang ditangkap oleh fotodiode.

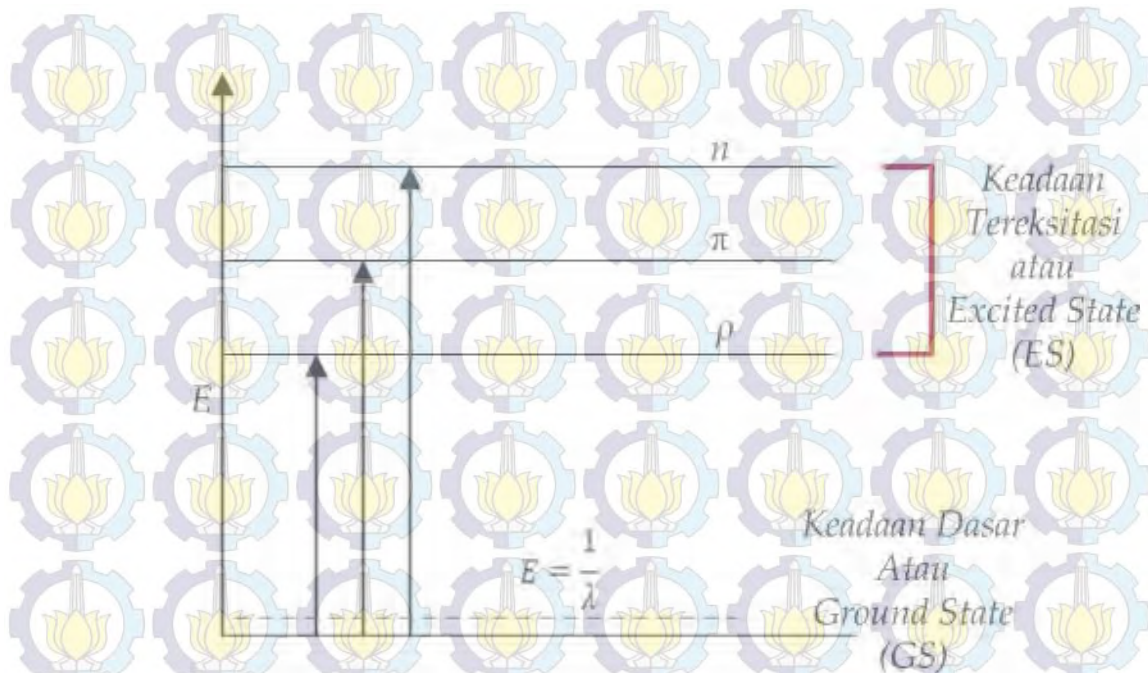
2.5.2 *Infrared*

Infrared adalah bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang lebih tinggi daripada 700 – 800 nm, batas paling atas dari panjang gelombang cahaya tampak. Sebenarnya, batas tersebut tidak mutlak karena respon mata terhadap gelombang cahaya hanya berkurang secara bertahap pada region tersebut. Sebagai contoh, panjang gelombang 700 nm yang sudah tergolong tinggi, masih bisa dilihat oleh mata manusia.

Cahaya *infrared* diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. *Near Infrared*

Near Infrared didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 760 dan 1.400 nm. Laser yang memancarkan panjang gelombang ini tergolong berbahaya bagi mata dan dapat merusak bagian sensitif di retina.



Gambar 2.6 Interaksi cahaya dengan ikatan elektron

(Sumber: Sitorus, 2009)

2. *Middle Infrared*

Middle Infrared didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 1.400 dan 3.000 nm. Pada region ini, gelombang masih aman jika dilihat oleh mata, karena cahaya ini diserap pada mata sebelum cahaya itu sampai pada retina.

3. *Far Infrared*

Far Infrared didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 3.000 dan 1.000.000 nm.

Ada banyak sumber untuk menghasilkan cahaya *infrared*, sebagai contoh, Nd:YAG lasers dan kebanyakan dioda laser mampu mentransmisikan cahaya *near infrared*. Permasalahan yang sering terjadi pada laser kristal untuk laser mid-IR adalah range batas transparansi pada kristal dan tendensi untuk transisi multiphonon yang melewati laser transisi, material kristal dengan energi phono yang sangat rendah dibutuhkan untuk membuatnya. Lampu bohlam yang biasanya digunakan di rumah-rumah juga menghasilkan cahaya *infrared* yang bahkan lebih besar daripada

cahaya tampak. Itulah mengapa efisiensi pada lampu jenis ini sangat kecil, antara 5-10%.

Sinar *infrared* memiliki panjang gelombang λ yang lebih panjang dibandingkan dengan ultraviolet, sehingga energi foton yang dimilikinya lebih kecil. Karena energinya yang kecil ini maka *infrared* hanya mampu menggetarkan elektron dalam molekul-molekul gas/uap. Elektron yang bergetar ini akan mengurangi pancaran sinar radiasi *infrared* yang ditangkap oleh fotodioda.

Sinar *infrared* hanya dapat menyebabkan vibrasi (getaran) pada ikatan elektron baik berupa rentangan (*stretching*) maupun berupa bengkokan (*bending*). Energi vibrasi untuk molekul gas/uap adalah spesifik.

Tidak semua molekul memberikan serapan pada interval *infrared*. Molekul yang memberikan serapan adalah molekul yang tidak simetris. Seperti molekul CO_2 dengan struktur (O=C=O) yang simetris tidak akan memberikan serapan pada sinar *infrared*. Ragam vibrasi tergantung jumlah atom yang menyusun molekul tersebut. Secara teoritis bila suatu molekul terdiri dari n atom, maka jumlah ragam vibrasi adalah $(3 * n) - 6$.

Misalkan:

1. molekul CH_2 :

$$= (3 * n) - 6 = (3 * 3) - 6 = 3 \text{ ragam vibrasi}$$

2. Metana (CH_4):

$$= (3 * n) - 6 = (3 * 5) - 6 = 9 \text{ ragam vibrasi}$$

3. Etana (C_2H_6):

$$= (3 * n) - 6 = (3 * 8) - 6 = 18 \text{ ragam vibrasi}$$

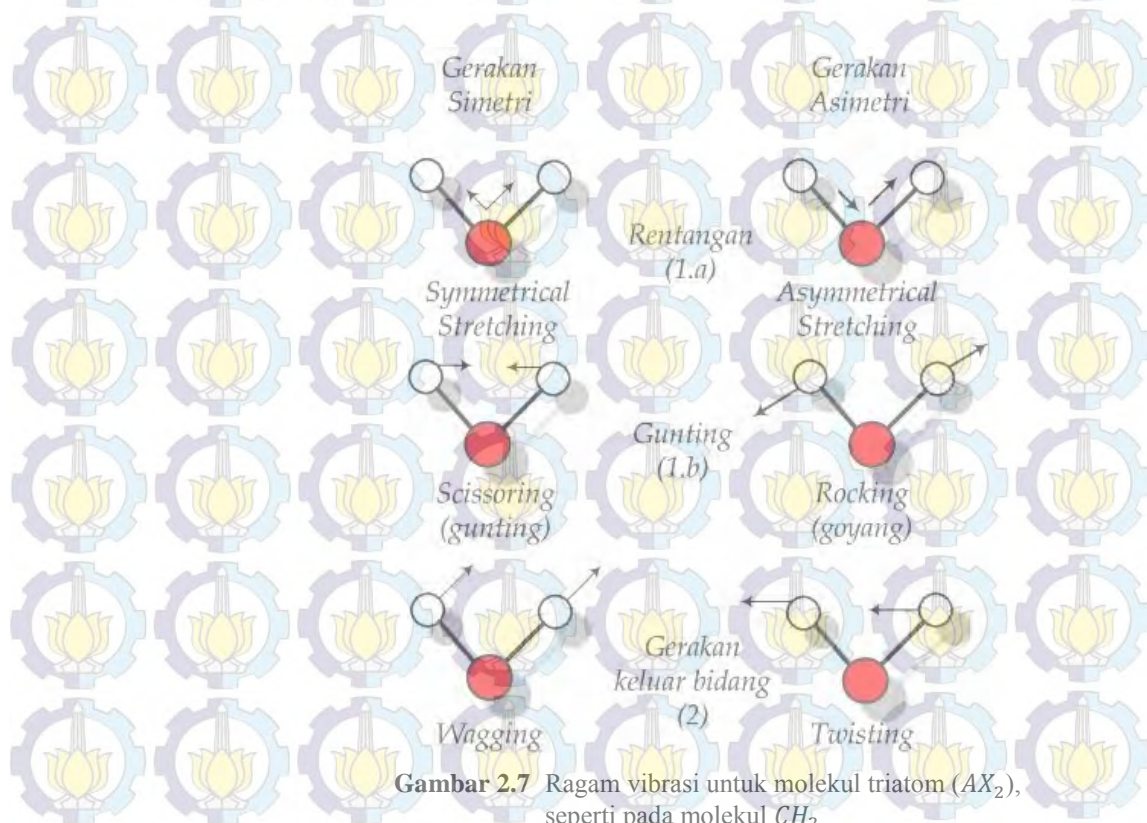
Namun tidak semua ragam vibrasi tersebut harus ditelaah pada spektra *Infrared*.

Gambar 2.7 selanjutnya akan menunjukkan 3 ragam vibrasi dengan masing-masing gerakan adalah simetri dan asimetri, maka total gerakan menjadi 6. Gerakan ini terbagi menjadi:

1. Gerakan dalam bidang, antara lain:
 - a. Rentangan (*stretching* simetri dan *stretching* asimetri,
 - b. Gunting (*scissoring* simetri dan goyang (*rocking*) yang asimetri)
2. Gerakan yang keluar bidang, yaitu: *wagging* (simetri) dan *twisting* (asimetri).

Seluruhnya ada tiga ragam vibrasi dengan masing-masing gerakan simetri dan asimetri maka total gerakan menjadi 6. Spektra *infrared* adalah hubungan antara persen transmitansi (% *T*) terhadap bilangan gelombang.

Untuk molekul triatomik (AX_2) maka pada spektra *infrared* terdapat dua serapan yang selalu berdampingan yaitu untuk ν simetri dan ν asimetri.



Tabel 2.6 Serapan simetri dan asimetri untuk molekul triatomik

Jenis triatomik (AX_2)	Bilangan gelombang spektra IR (cm^{-1})	
	Simetri	Asimetri
CH_2	2900	3000
NH_2	3300	3400
NO_2	1400	1550
SO_2	1150	1350
CO_2	1400	1600

Sumber: Sitorus, 2009.

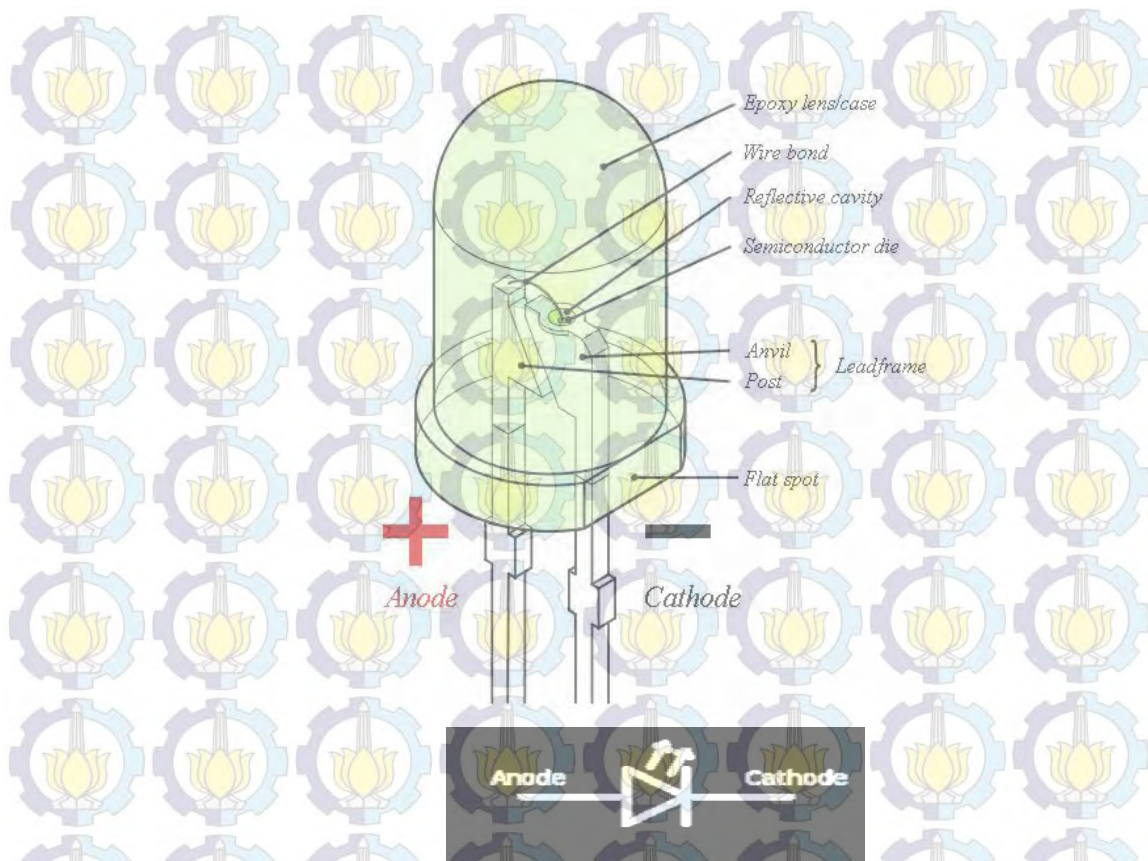
Besarnya ν asimetri selalu lebih besar dibandingkan dengan ν simetri seperti terlihat pada Tabel 2.6 mengenai contoh serapan simetri dan asimetri molekul triatomik.

2.6 Karakteristik *Light Emitting Diode*

LED adalah sebuah sumber cahaya semi konduktor. LED memiliki banyak panjang gelombang yang bisa digunakan untuk aplikasi yang luas. Panjang gelombang cahaya dan emisi dari LED ini tergantung dari bahan LED dan energi gap pada material yang membentuk *p-n junction*. Bahan dasar LED adalah bahan *Galium Arsenida* (GaAs) atau *Galium Arsenida Phospida* (GaAsP) atau juga *Galium Phospida* (GaP).

Dalam LED, dapat dipandang sebagai sebuah kristal. Kristal ini terdiri dari lubang (*hole*) dan elektron (*ion*), setiap elektron akan mengisi lubang yang kosong dalam rekombinasi ini disebabkan oleh hantaran arus listrik dari sumber tegangan (panjar maju).

Ketika elektron telah berekombinasi dengan lubang tadi, menyebabkan elektron terlepas dari energi ikatnya. Rekombinasi ini menghasilkan energi yang terlepas dari elektron. Energi yang terlepas inilah digunakan untuk memancarkan *foton* (rekombinasi radiaktif), sebagian lain digunakan untuk memanaskan partikel-partikel kristal (rekombinasi non-radiaktif). Pancaran cahaya ini merupakan cahaya sebuah LED.



Gambar 2.8 Gambar bagian-bagian LED serta simbolnya dalam rangkaian

Meski semua dioda mengeluarkan cahaya, sebagian besar tidak efektif. Pada diode biasa, bahan semikonduktornya menyerap banyak energi cahaya. LED khusus dibuat untuk melepaskan sejumlah besar foton (satuan dasar cahaya). LED juga dikemas dalam bohlam plastik yang menyatukan cahaya dalam arah tertentu.

Setiap jenis LED mempunyai karakteristik tegangan dan arus yang berbeda-beda. Semakin besar arus yang melewati LED maka semakin terang nyalanya dan daya yang dibutuhkan. Arus ini tidak boleh melebihi batas dari spesifikasi LED tersebut karena jika melebihi dapat membuat LED rusak atau mungkin terbakar. Oleh karena itu, untuk membatasi arus besar yang lewat maka diperlukan resistor.

Infrared ini mampu digunakan untuk mendeteksi dan mengukur intensitas serapan dari sebuah cahaya yang telah dilewatkan pada objek.

Berikut merupakan rumus serapan yang didasarkan pada hukum *Beer-Lambert* :

$$\frac{I}{I_0} = \exp \frac{I}{I_0(v)} = \exp(-\alpha(v)L) \quad (2.5)$$

Penyerapan (A) didefinisikan sebagai :

$$A(v) = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = -\alpha(v)L \quad (2.6)$$

dimana I adalah intensitas cahaya yang ditransmisikan atau sampel gas atau intensitas yang diterima oleh fotodiode, I_0 adalah intensitas cahaya sumber atau intensitas udara kering (udara yang tidak mengandung uap air), dan α adalah koefisien penyerapan.

Arah sumber cahaya akan mengenai medium percobaan (*chamber*) dengan intensitas sebesar I_0 yang merupakan besarnya intensitas pada udara kering kemudian setelah intensitas cahaya ini melewati *chamber* dan diterima oleh sensor fotodetektor maka disebut dengan intensitas I . Sehingga dari nilai I_0 dan I digunakan untuk menentukan besarnya penyerapan pada suatu gas atau uap dalam medium percobaan (*chamber*). Besarnya intensitas cahaya yang diserap tergantung dari jenis gas atau uap yang dianalisa.



Gambar 2.9 Hukum *Lambert-Beer*

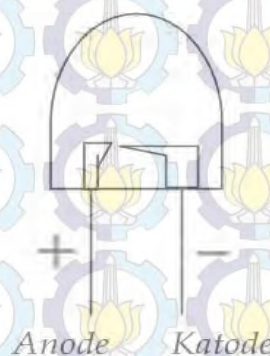
2.7 Fotodioda

Fotodioda adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah kalau cahaya yang jatuh pada dioda berubah-ubah intensitasnya. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar.

Jika fotodioda persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut. Berdasarkan hal tersebut dapat dibuat alat untuk mendeteksi intensitas cahaya dengan memanfaatkan karakteristik fotodioda. Fotodioda terbuat dari bahan semikonduktor.

Biasanya yang dipakai adalah *silicon* (Si) atau *gallium arsenide* (GaAs), dan lain-lain termasuk *indium antimonide* (InSb), *indium arsenide* (InAs), *lead selenide* (PbSe), dan *timah sulfida* (PbS).

Bahan-bahan semikonduktor ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang, misalnya: 250 nm ke 1100 nm untuk *silicon*, dan 800 nm ke 2,0 μm untuk GaAs. Bentuk fisik dan lambang fotodioda ada pada Gambar 2.8.



Gambar 2.10 fotodioda dan lambangnya

2.8 Jaringan Syaraf Tiruan

2.8.1 Metode Propagasi Balik (*Backpropagation*)

Molekul-molekul senyawa bahan kimia yang ditangkap oleh deret sensor menghasilkan pola tanggapan yang bersifat unik pada masing-masing bahan yang ingin dianalisa. Hal ini membutuhkan suatu sistem yang mampu mengenali pola-pola tanggapan dari deret sensor yang dihasilkan (Jamal, dkk., 2010). Pengenalan pola yang cocok digunakan untuk mengidentifikasi molekul-molekul senyawa kimia itu adalah dengan menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan Backpropagasi. Hal ini dikarenakan algoritma yang digunakan bertujuan untuk mengatur/mengkonfigurasi sistem pengenalan pola untuk menghasilkan nilai klasifikasi yang unik untuk setiap bahan kimia yang dianalisa sehingga implementasi rancang bangun sistem identifikasi analit dapat diterapkan secara otomatis.

Jaringan syaraf tiruan rambat balik atau yang biasa kita kenal dengan nama *backpropagation* merupakan jaringan syaraf tiruan yang paling banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti pengenalan pola, diagnosa kedokteran, klasifikasi gambar, menerjemahkan kode, dan bermacam-macam analisa pengenalan pola lainnya. Jaringan ini merupakan salah satu jenis yang mudah dipahami dan konsep belajarnya relatif sederhana, yaitu :

1. Belajar dari kesalahan.
2. Memasukkan secara umpan maju (*feed forward*) pola-pola masukan.
3. Menghitung dan propagasi balik kesalahan.
4. Mengatur bobot-bobot koreksi.

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur

(*backward*). Untuk mendapatkan *error*, tahap perambatan maju (*forward*) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan fungsi aktivasi.

2.8.2 Topologi Jaringan Syaraf Tiruan *Multi Layer Perceptron*

Sebuah arsitektur jaringan syaraf tiruan model *perceptron* dengan jaringan lapis banyak dan memiliki beberapa lapisan tersembunyi (unit-unit *z*) ditunjukkan dalam Gambar 2.11.

Seperti pada Gambar 2.11 menunjukan arah sinyal pada fase umpan maju. Selama operasi fase pelatihan perambatan balik, sinyal-sinyal *error* dikirim dengan arah yang sebaliknya. Unit-unit keluaran (*y*) dan unit-unit lapisan tersembunyi (*z*) mempunyai bias. Bias pada unit keluaran dinotasikan dengan w_{0k} , bias pada unit lapisan dalam dinotasikan dengan v_{0j} , tindakan bias bekerja seperti pada bobot-bobot koneksi, dimana unit-unit bias selalu mengeluarkan nilai 1. Unit-unit ini bersifat *optional* pada penyajian lain mungkin dihilangkan.

Pada fungsi matematik, dapat kita tuliskan fungsi dari neuron adalah sebagai berikut:

$$v_k = \sum_{j=1}^n w_{ji} x_i \quad (2.7)$$

$$y_m = (u_k - \theta_k) \quad (2.8)$$

dimana x_i adalah x_1, x_2, \dots, x_n adalah sinyal-sinyal input, dan $w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jn}$ adalah bobot atau *weight*.

Salah satu algoritma dari *neural network* adalah algoritma pelatihan *backpropagation*. Algoritma ini terdiri dari dua tahapan, yaitu *feed forward* dan *backpropagation* dari *error* yang didapat. Algoritmanya adalah:

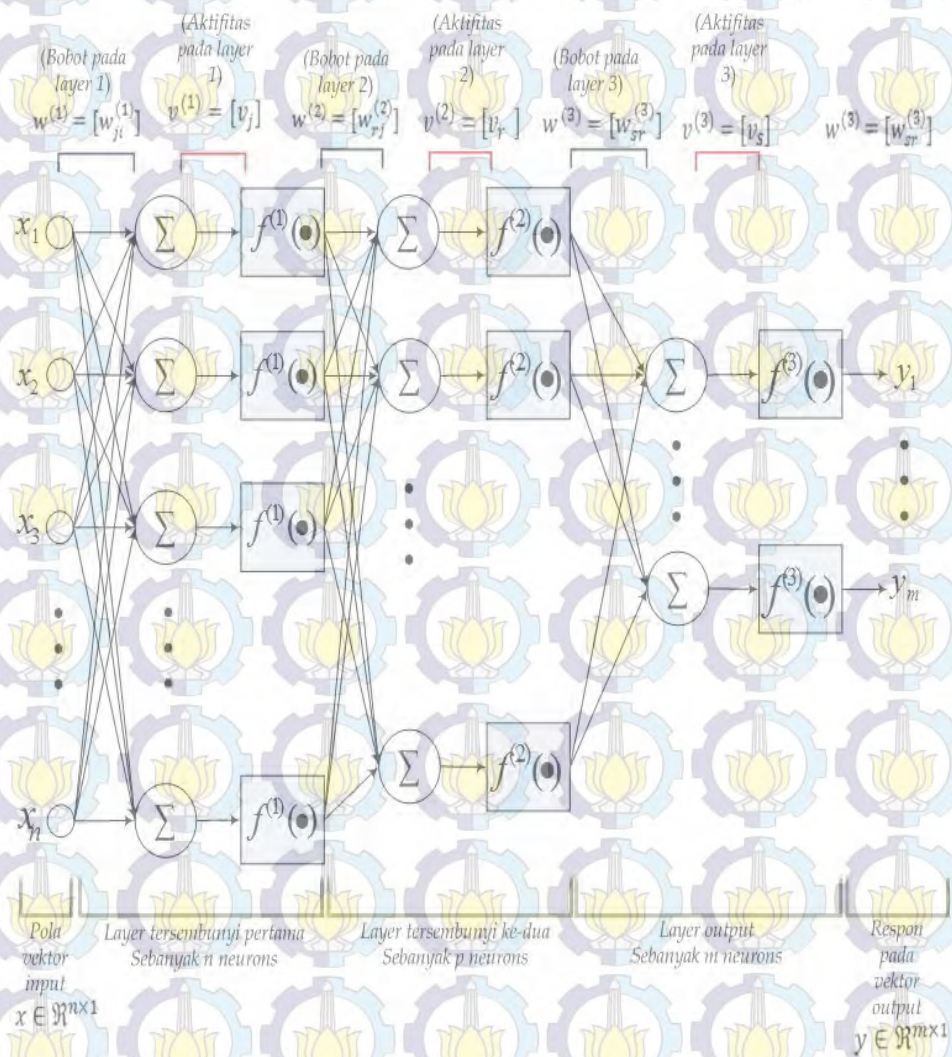
1. Pemberian inisialisasi pada bobot/*weight* awal.

2. Masing-masing *input* (x_i , dimana $i = 1, \dots, n$) dimasukkan ke layer *input* untuk dimasukkan ke dalam layer berikutnya (ke dalam *hidden layer*).
3. Masing-masing *input* di *hidden layer* dikalikan dengan *weight* dan dijumlahkan serta ditambah *threshold*-nya.

$$v_{in_j} = w_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i w_{ji} \quad (2.9)$$

Kemudian dihitung sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan :

$$v_j = f(v_{in_j}) \quad (2.10)$$



Gambar 2.11 Topologi jaringan syaraf tiruan MLP

Bila yang digunakan adalah fungsi pengaktif yang digunakan :

$$v_j = \frac{1}{1 + \exp^{(-v_{in_j})}} \quad (2.11)$$

Sinyal keluaran dari fungsi pengaktif tersebut dikirim ke semua unit di *hidden layer*.

4. Masing-masing unit keluaran v_j ($j = 1, 2, \dots, p$) dikalikan dengan *weight* dan dijumlahkan serta ditambah *threshold*-nya.

$$v_{in_r} = w_{r0} + \sum_{j=1}^p v_j w_{rj} \quad (2.12)$$

Kemudian dihitung kembali sesuai dengan fungsi aktifasinya.

$$v_r = f(v_{in_r}) \quad (2.13)$$

5. Masing-masing unit keluaran (y_s , $s = 1, 2, \dots, m$) menerima pola target sesuai dengan pola *input* saat pelatihan dan dihitung *error*-nya.

$$\delta_k = (t_k - y_s) f'(y_{in_s}) \quad (2.14)$$

Karena $f'(y_{in_s}) = y_s$ menggunakan fungsi sigmoid, maka :

$$\begin{aligned} f'(y_{in_s}) &= f(y_{in_s}) (1 - f(y_{in_s})) \\ &= y_s (1 - y_s) \end{aligned} \quad (2.15)$$

Menghitung perbaikan *weight* (kemudian untuk memperbaiki W_{jk}).

$$\Delta W_{kj} = \alpha \cdot \delta_k \cdot Z_j \quad (2.16)$$

Menghitung perbaikan :

$$\Delta W_{0k} = \alpha \cdot \delta_k \quad (2.17)$$

Dan menggunakan nilai delta (δ_k) pada semua unit layer sebelumnya.

6. Masing-masing *weight* yang menghubungkan unit-unit keluaran dengan unit-unit pada *hidden layer* (Z_j , $j=1, \dots, p$) dikalikan delta (δ_k) dan dijumlahkan sebagai masukan ke unit layer berikutnya.

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (2.18)$$

Selanjutnya dikalikan dengan turunan dari fungsi pengaktifnya untuk menghitung *error*.

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(y_{in_j}) \quad (2.19)$$

Langkah berikutnya menghitung perbaikan *weight* yang digunakan untuk memperbaiki V_{ij} .

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_i \quad (2.20)$$

Kemudian menghitung perbaikan *threshold* (untuk memperbaiki V_{oj})

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \quad (2.21)$$

7. Masing-masing unit keluaran (Y_k , $k=1, \dots, m$) diperbaiki *threshold*-nya dan *weight*-nya ($j=0, \dots, p$).

$$W_{jk}(\text{baru}) = W_{jk}(\text{lama}) + \Delta W_{jk} \quad (2.22)$$

Masing-masing unit pada *hidden layer* (Z_j , $j=1, \dots, p$) diperbaiki *threshold* dan *weight* ($j=0, \dots, n$).

$$V_{jk}(\text{baru}) = V_{jk}(\text{lama}) + \Delta V_{jk} \quad (2.23)$$

8. Uji kondisi pemberhentian (akhir iterasi).

2.9 Diagram Fishbone

Diagram *Fishbone* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Diagram ini telah menciptakan ide cemerlang yang dapat membantu dan memampukan setiap orang dalam menyelesaikan masalah dengan tuntas hingga ke pokok permasalahannya.

Fungsi dasar diagram ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengolah penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik

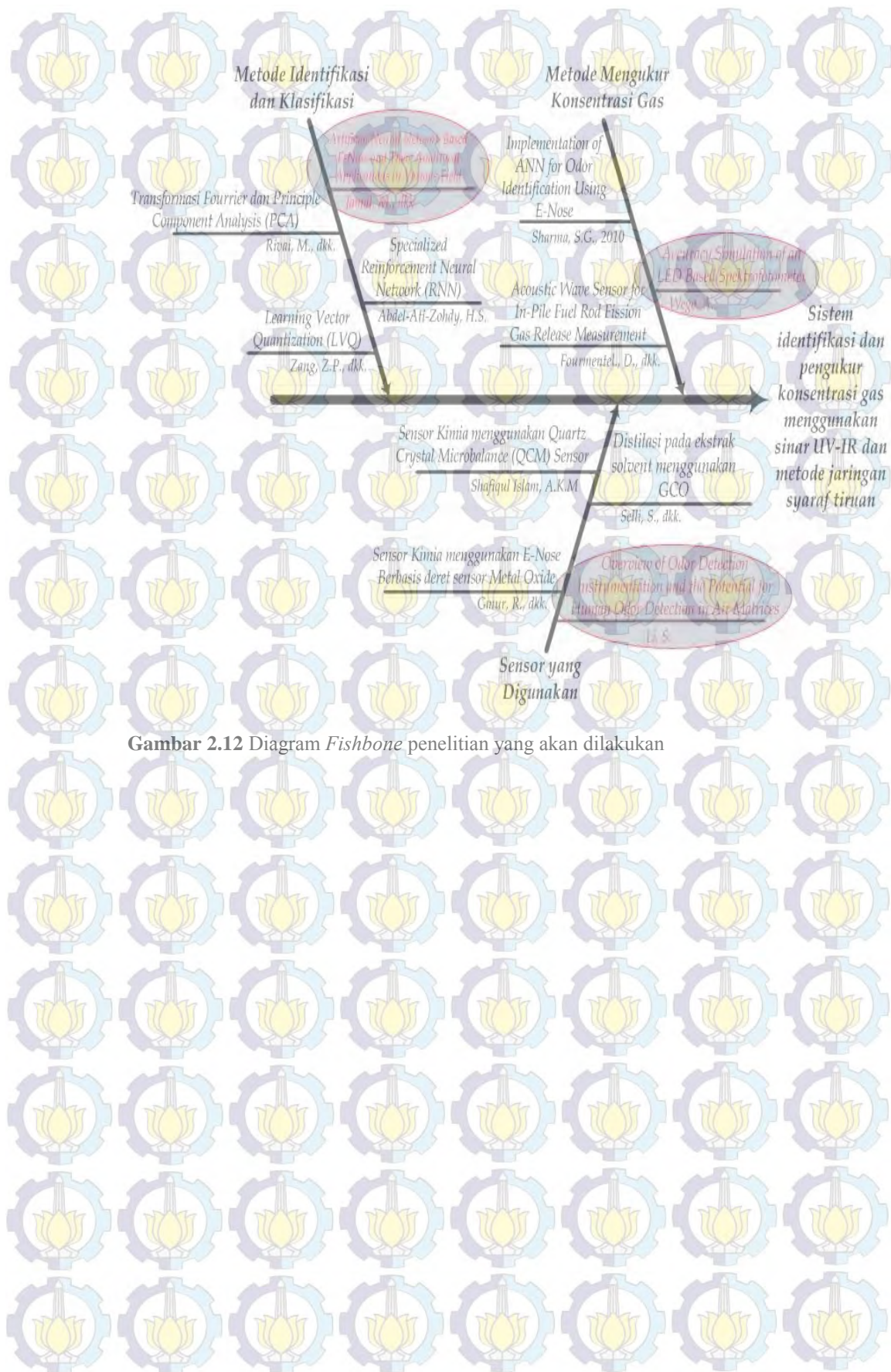
dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. Pada dasarnya Diagram *Fishbone* dapat dipergunakan untuk berbagai kebutuhan, diantaranya:

1. Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah
2. Membantu mengeluarkan ide-ide untuk solusi suatu masalah
3. Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut
4. Mengidentifikasi tindakan (bagaimana) untuk menciptakan hasil yang diinginkan
5. Membahas *issue* secara lengkap dan terstruktur
6. Menghasilkan pemikiran baru

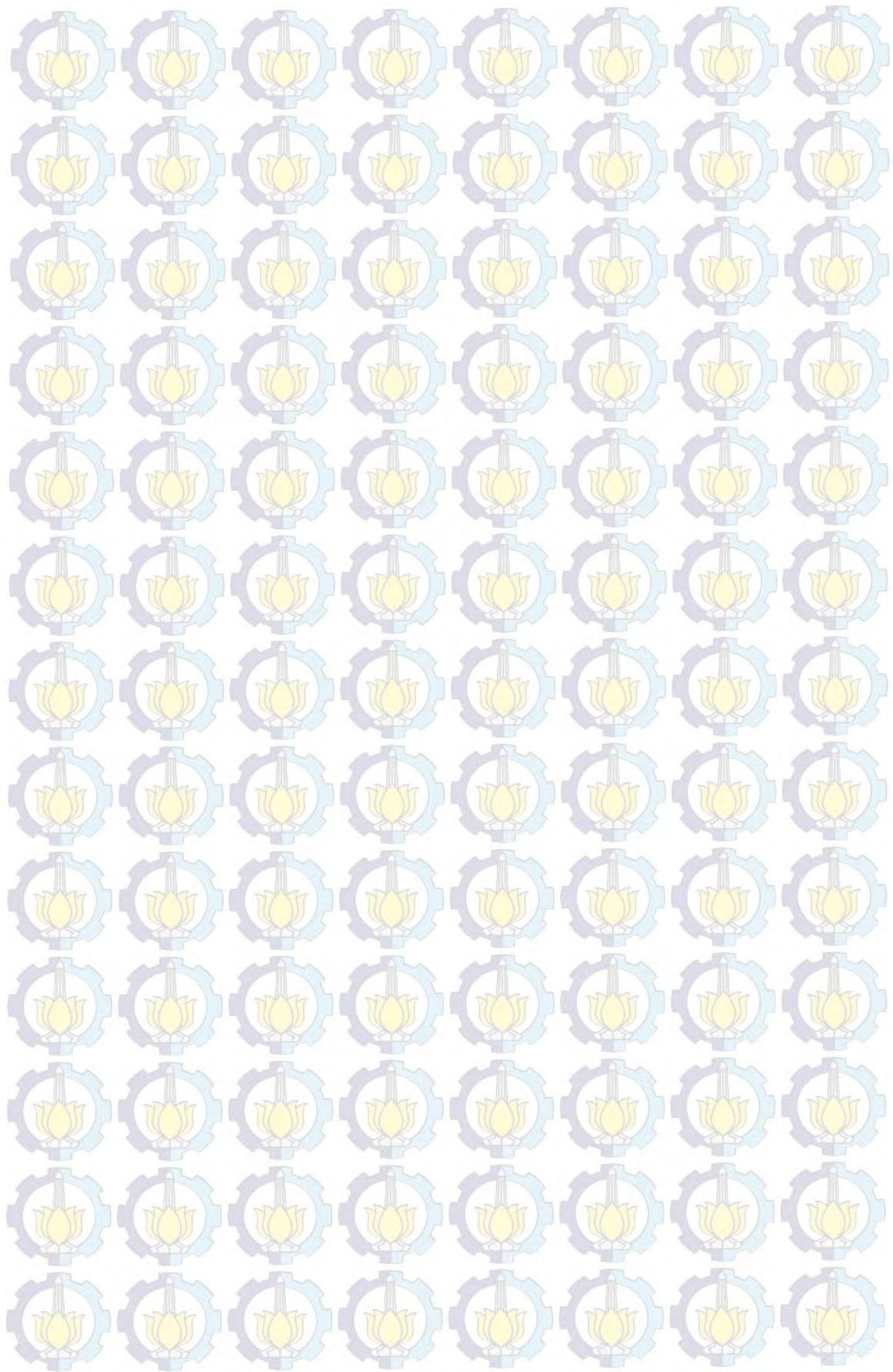
Penerapan Diagram *Fishbone* dapat menolong kita untuk dapat menemukan akar permasalahan utama. Hal ini dikarenakan saat terjadinya suatu proses pencarian solusi terdapat banyaknya ragam variabel yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan. Apabila masalah utama sudah diketahui secara pasti maka tindakan dan langkah perbaikan akan lebih mudah dilakukan. Dengan diagram ini maka memungkinkan kita untuk dapat melihat semua kemungkinan penyebab dan pokok permasalahan sebenarnya.

Kelebihan diagram ini adalah dapat menjabarkan setiap masalah yang terjadi agar diperoleh ide atau solusi dari pemetaan maupun gambaran jelas dari beberapa variabel yang ada. Dari analisa fishbone diperoleh kesimpulan yang memberikan spesifik tentang penyebab dari suatu problem. Temuan penyebab yang spesifik tersebut menjadi dasar untuk mendesain program solutif untuk mengatasi suatu permasalahan.

Diagram *Fishbone* yang akan diterapkan untuk pengembangan lebih jauh pada penelitian ini tampak seperti Gambar 2.10. Dari analisis *fishbone* diperoleh kesimpulan yang memberikan gambaran spesifik tentang apa saja yang menjadi solusi dari setiap sub-kategori permasalahan yang muncul. Dari masalah-masalah yang muncul tersebut menjadi dasar untuk mendisain atau merancang program solutif untuk mengatasi persoalan yang ada.



Gambar 2.12 Diagram Fishbone penelitian yang akan dilakukan



BAB 3

METODA PENELITIAN

Fokus utama pada penelitian ini adalah pada sistim identifikasi jenis-jenis gas dan menentukan nilai konsentrasi pada sampel gas yang digunakan sebagai objek pengujian. Penelitian ini menggunakan prinsip spektrofotometri yang menggunakan pancaran sinar UV-IR sebagai dasar analisa pengukuran konsentrasi sampel gas.

Secara umum, prinsip dasar dari cara kerja alat ini yaitu deret LED sebagai sumber cahaya, satu per satu akan dinyalakan secara bergantian dan diarahkan ke kuvet yang berisi gas/uap melalui serat optik. Intensitas cahaya setelah melewati kuvet akan bersifat unik untuk setiap gas yang ingin dianalisa. Dari setiap intensitas cahaya yang ditangkap oleh fotodioda ini akan tercatat sebagai sinyal-sinyal tegangan analog. Kemudian mikrokontroler akan mengonversi sinyal-sinyal ini ke bentuk data-data digital. Data-data ini akan dimasukkan ke komputer untuk dianalisa dan diidentifikasi sesuai jenis gas yang diharapkan.

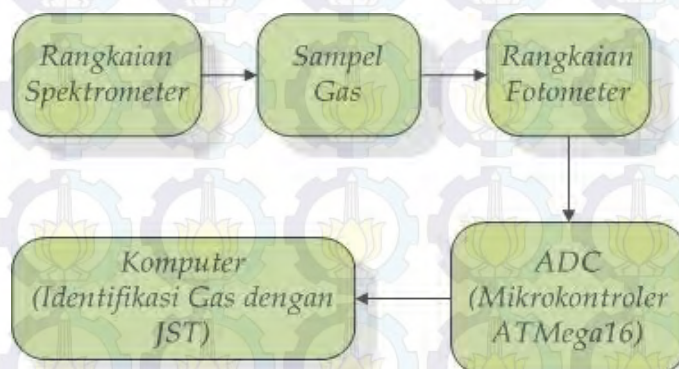
Rancangan sistim ini mencakup pembuatan *hardware* dan *software interface* serta desain dari keseluruhan sistim yang akan dibangun. Sensor fotodioda menghasilkan tegangan yang masih bersifat analog. Jika data-data keluaran dari sensor telah terbaca oleh *analog to digital converter* (ADC) dalam mikrokontroler ATMega16, maka data-data ini akan ditampilkan di layar komputer dengan bantuan *software* Delphi 7. Data-data ini nantinya akan diolah jaringan syaraf untuk diidentifikasi dan dikelompokkan sesuai dengan jenis gasnya kemudian disimpan di dalam suatu memori *database*.

Untuk kegiatan proses Pengambilan Data menggunakan bantuan ADC, sehingga data-data analog dari fotodioda akan diubah ke bentuk digital oleh ADC, kemudian data-data digital ini akan ditampilkan di komputer untuk dianalisa. Kegiatan proses pengambilan data sekaligus

untuk melakukan proses pelatihan jaringan syaraf tiruan setelah data-data ADC diperoleh, hal ini bertujuan agar sistim yang dibuat mampu mengidentifikasi molekul-molekul senyawa gas dengan baik dan akurat.

Untuk kegiatan proses Pengujian Sistim maka saat memasukkan gas tertentu ke dalam kuvet, sensor fotodioda akan menangkap dan mencatat besarnya intensitas setelah intensitas cahaya itu melewati kuvet yang dipancarkan oleh deret LED. Deret LED di sini berfungsi sebagai komponen fotometer sedangkan sensor fotodioda berfungsi sebagai komponen spektrometer. Kemudian data pengujian dari gas yang belum diketahui identitasnya ini akan dibandingkan dengan data yang telah disimpan di *database* hasil pelatihan sebelumnya, jika menemui kecocokan dengan data memori pada *database* maka gas yang diujikan tersebut adalah termasuk kelompok gas yang cocok dengan data yang ada dalam *database* sistim.

Pada perancangan alat ini, sistim identifikasi secara keseluruhan dapat dilihat pada diagram blok Gambar 3.1 di bawah ini. Deret LED sebagai sumber cahaya, satu per satu akan dinyalakan secara bergantian dan diarahkan ke kuvet yang berisi gas/uap melalui serat optik. Intensitas cahaya setelah melewati kuvet akan bersifat unik untuk setiap gas yang ingin dianalisa. Dari setiap intensitas cahaya yang ditangkap oleh fotodioda akan tercatat sebagai sinyal-sinyal tegangan analog. Kemudian mikrokontroler akan mengonversi sinyal-sinyal ini ke bentuk data-data digital. Data-data ini akan dimasukkan ke komputer untuk dianalisa dan diidentifikasi sesuai jenis gas yang diharapkan.

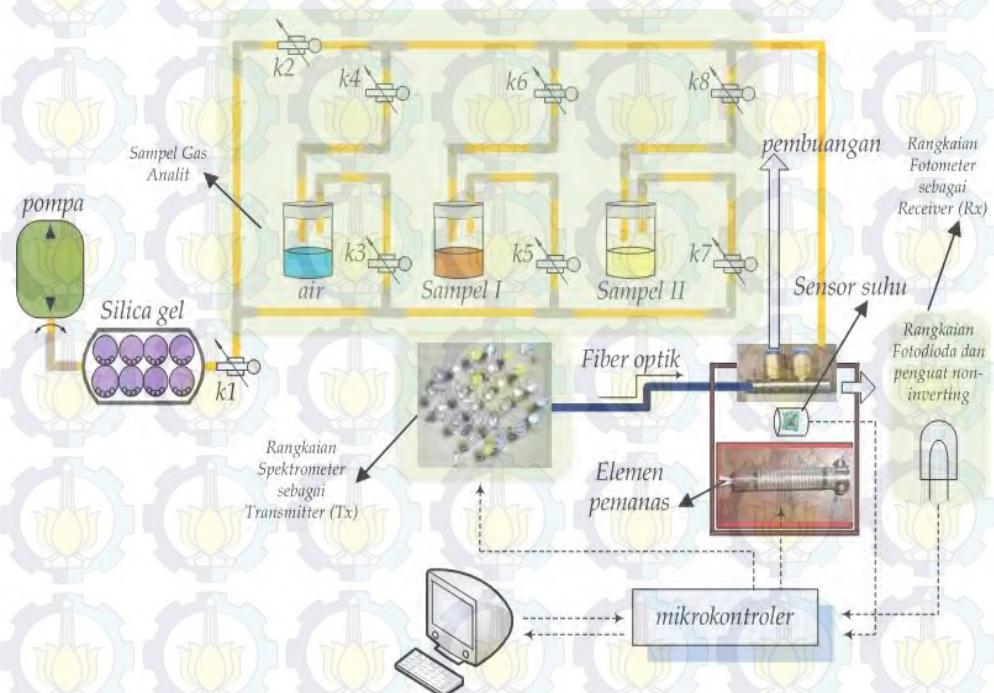


Gambar 3.1 Diagram blok sistim identifikasi gas

Proses yang dilakukan pada sistem pengenalan dan pengukuran konsentrasi jenis gas ini meliputi pengamatan terhadap pengaruh jenis sampel gas, kelembaban, suhu, dan konsentrasi gas yang berbeda. Untuk merealisasikan perancangan di atas diperlukan perencanaan dan pembuatan sistemnya. Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan tiap-tiap subbab sistem serta langkah-langkah yang dilakukan untuk respon intensitas cahaya yang dipancarkan terhadap media gas. Diagram blok dari sistem secara keseluruhan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Berdasarkan Gambar 3.2, untuk mempermudah dalam proses perencanaan dan pembuatan, sistem dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

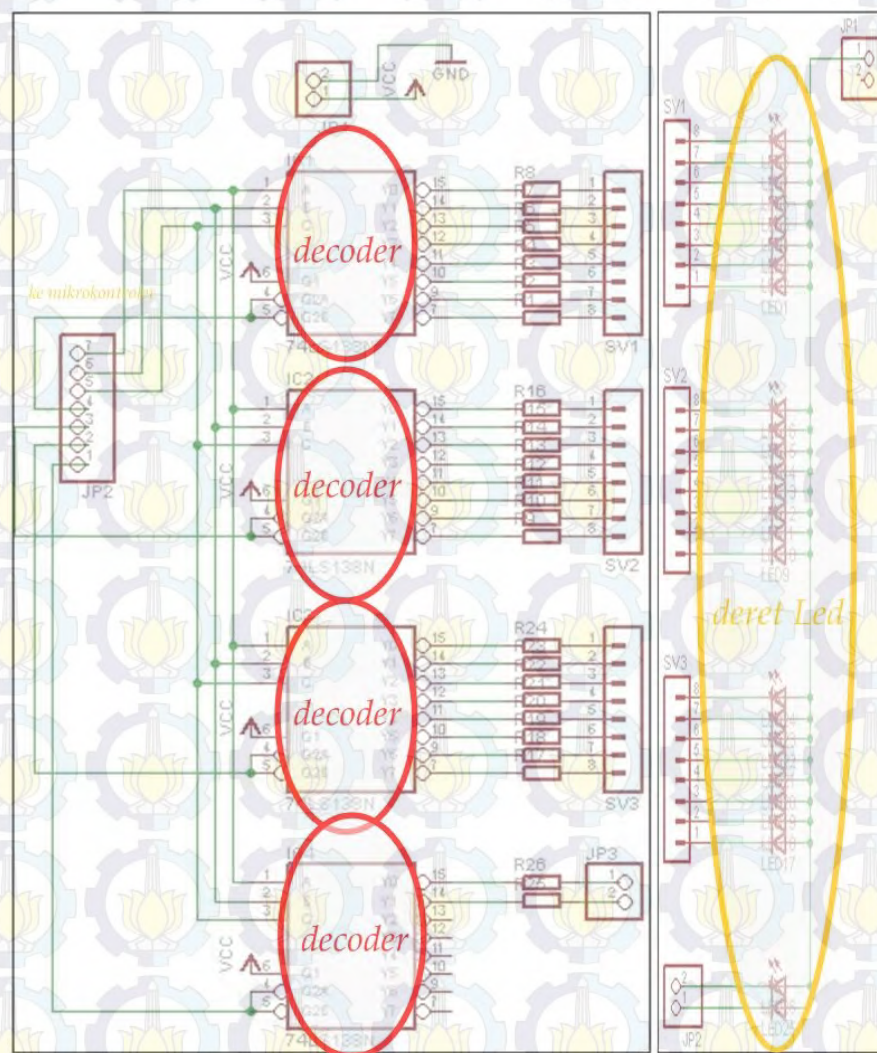
3.1. Rangkaian Decoder dan *Driver* LED

Cara kerja rangkaian ini dengan memanfaatkan sinyal keluaran dari decoder. Decoder yang digunakan adalah HD741LS138. Decoder ini memiliki 8 output dengan 3 input dan 1 pin *enable*. Decoder berfungsi memilah sinyal masukan dari mikrokontroler untuk mengaktifkan deret LED secara bergantian.



Gambar 3.2. Diagram blok proses identifikasi penelitian yang telah dilakukan

Sistim ini menggunakan 4 buah decoder, dimana pin enable dari masing-masing decoder merupakan keluaran dari port B.0 sampai port B.3 mikrokonroler. Input dari decoder ini berasal dari port B.4 sampai port B.6, sehingga untuk mengaktifkan decoder dapat dilakukan melalui pin *enable*. Rangkaian driver deret LED yang digunakan pada sistim ini dapat dilihat pada Gambar 3.3. Keempat decoder ini digunakan untuk mengontrol 26 deret *Light Emitting Diode* (LED) nantinya. Ketika keluaran decoder ini mengeluarkan sinyal *low*, maka deret LED yang dituju akan aktif, sebaliknya, jika keluaran decoder ini *high*, maka deret LED yang dituju tidak aktif.



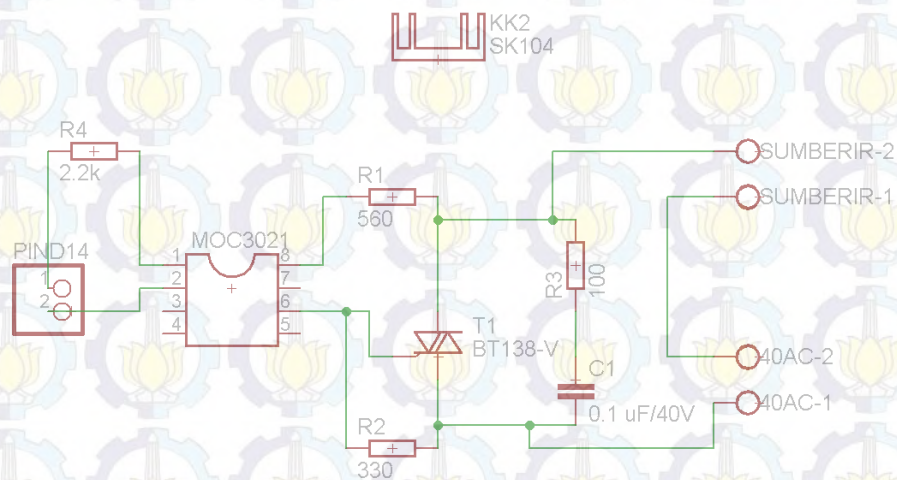
Gambar 3.3. Rangkaian decoder dan driver LED

3.2. Rangkaian *Driver Heater*

Untuk mengatur suhu dan kelembaban pada medium percobaan maka perlu dilakukan pengontrolan terhadap heater. Gambar 3.4 adalah elemen pemanas yang penulis gunakan. Suhu yang dihasilkan elemen pemanas ini mampu mencapai panas hingga 500°C. Komponen utama dari rangkaian ini adalah MOC3021 yang di dalamnya terdapat komponen optoisolator yang berfungsi untuk mengatur proses on-off relay. Input driver heater yakni sinyal masukan dari port D.7 yang berasal dari mikrokontroler yang merupakan output sinyal PWM. Input rangkaian heater ini memiliki rentang tegangan antara 0-5 V untuk mengatur *duty cycle* tegangan AC 220 Volt pada heater. Gambar 3.5 merupakan desain rangkaian heater.



Gambar 3.4 Elemen pemanas yang digunakan dalam percobaan



Gambar 3.5 Desain rangkaian driver heater



Gambar 3.6 Bentuk fisik dari rangkaian driver heater yang digunakan

Deret LED dinyalakan secara bergantian. Tiap nyala LED akan dideteksi oleh fotodioda dan dikuatkan oleh penguat non-inverting. Hasil penguatan oleh amplifier akan dibaca dan dikirimkan ke *personal computer* (PC) melalui komunikasi serial USART.

3.3. Jenis Sampel Gas yang Digunakan

Pemilihan ketiga jenis gas ini karena disamping efek dari segi kesehatan juga salah satunya merupakan komponen penting dalam proses produksi di dunia industri. Karbon monoksida (CO) yang merupakan polutan berbahaya dari hasil pembakaran yang tidak sempurna pada asap kendaraan, amoniak (NH_3) yang merupakan polutan berbahaya di dunia industri baik yang dihasilkan oleh pupuk urea maupun materi lainnya yang dapat menyebabkan terlepasnya gas amoniak ke udara dalam jumlah yang besar yang dipastikan dapat menyebabkan kecelakaan industri. Untuk alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$) digunakan secara luas sebagai bahan pereaksi, pelarut untuk senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air dan bahan bakar dalam dunia industri.

Pada keadaan atmosfer alkohol (khususnya metanol) berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar dengan bau yang khas. Pemilihan kelompok untuk pola pelatihan jaringan syaraf tiruan yang akan digunakan, antara lain: Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$), Amoniak (NH_3), dan bensin.

Tabel 3.1 Pola target pada pelatihan jaringan syaraf tiruan

No. Pola	Sampel Gas	Target
1	Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$)	0001
2	Amoniak (NH_3)	0010
3	Bensin	0100
4	Tak diketahui	1000

Untuk mengelompokkan 3 jenis senyawa sampel gas yang ingin dianalisa menggunakan pola target sesuai pada Tabel 3.1 di bawah.

3.4. Perancangan Sumber Cahaya Deret LED

Sistim rangkaian mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian tesis ini adalah menggunakan rangkaian sistim mikrokontroler menggunakan ATmega16. Mikrokontroler ini akan digunakan sebagai unit pemroses *analog to digital converter* (ADC) yang digunakan untuk mengubah data-data tegangan analog keluaran dari sensor fotodioda menjadi data-data digital, data ini yang digunakan untuk mengidentifikasi molekul-molekul senyawa gas. Selain itu juga digunakan sebagai pengontrol untuk nyala lampu deret LED sejumlah 26 unit. Berikut ini adalah contoh rangkaian *driver* LED yang akan digunakan. Sedangkan *driver* LED yang digunakan untuk menyalakan deret LED sejumlah 26 unit maka rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebelumnya.

LED berjumlah 26 unit yang akan digunakan memiliki panjang gelombang (λ) dengan rentang nilai antara 385 nm sampai dengan 1720 nm . Deret LED yang akan dirancang mampu memancarkan dua macam kategori radiasi gelombang cahaya antara lain sinar Ultraviolet dan *Infrared* dimana deret LED ini aktif secara bergantian dengan nilai *delay* tertentu yang dikontrol oleh Mikrokontroler ATmega16.

Tabel 3.2 berikutnya merupakan penjelasan mengenai pembagian panjang gelombang beserta tipe LED yang digunakan dalam penelitian ini beserta ukuran masing-masing diameternya. Tegangan untuk menyuplai LED sebesar 12 volt.

Tabel 3.2 Pembagian rentang panjang gelombang deret LED

No.	Tipe	Panjang Gelombang	Ukuran LED (mm)
1	LED385-04	385	5
2	VL390-5-15	390	5
3	RLU395-8-30	395	5
4	VL400-5-15	400	5
5	LED405-02V	405	5
6	VL415-5-15	415	5
7	LED420-01	420	5
8	VL425-5-15	425	5
9	LED430-06	430	5
10	LED435-12-30	435	5
11	ELD935-525	935	5
12	LED940-06V	940	5
13	ELD-950-535	950	5
14	ELD-960-545	960	5
15	LED970-01	970	5
16	LED980-03	985	5
17	ELD-1020-525	1020	5
18	LED1050-33	1050	3
19	ELD-1060-525	1060	5
20	LED1070-03	1070	5
21	LED1200-03	1200	5
22	ELD-1300-525	1300	5
23	LED1450-03	1450	5
24	ELD-1480-525	1480	5
25	ELD-1550-525	1550	5
26	ELD-1720-535	1720	5

3.5. Rangkaian Penguat Non-Inverting dan Sensor

Input dari rangkaian penguat non-inverting ini adalah keluaran dari sensor fotodioda yang sebelumnya dikuatkan hanya memiliki rentang tegangan antara 4.8 mVolt s.d. 0.5 Volt. Rangkaian penguat ini diperlukan agar pola yang terbentuk oleh tegangan keluaran sensor fotodioda tampak lebih jelas sehingga sistim dapat lebih mengenali sampel gas dengan lebih akurat. Pada desain rangkaian ini digunakan penguatan sebesar 30 kali karena arus yang keluar dari fotodioda sangat kecil untuk rentang cahaya

ultraviolet dan infrared yang dikeluarkan oleh deret LED. Gambar 3.7 menunjukkan desain rangkaian penguat non-inverting yang digunakan dalam percobaan.

Perhitungan besarnya penguatan (*gain*) sebagai berikut:

Diketahui : Rentang tegangan keluaran sensor fotodioda adalah 4.8mVolt s.d. 0.5Volt

Dipilih nilai resistansi $R_i = 1k\Omega$

Direncanakan : gain = 30 kali

Maka perhitungannya :

$$gain = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (3.1)$$

$$30 = 1 + \frac{R_f}{1k\Omega}$$

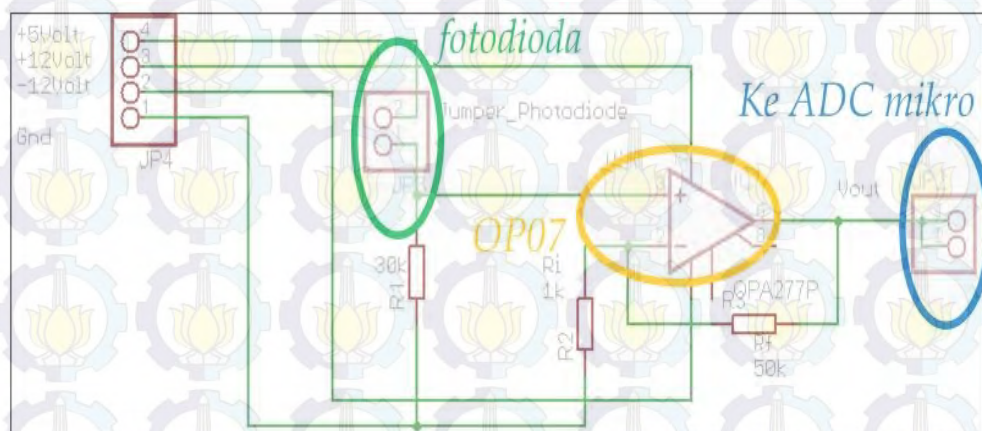
$$R_f = (30 - 1) * 1k\Omega$$

$$R_f = 29k\Omega \approx 30k\Omega$$

Sehingga R_f diperoleh dengan menggunakan trimpot di-set antara kaki 2 dan kaki 3 adalah sebesar $30k\Omega$

Pemilihan nilai $R_i = 1k\Omega$ agar mudah dalam mencari resistor tersebut dipasaran.

Berdasarkan nilai-nilai komponen yang diperoleh di atas kemudian dibuat rangkaian penguat non-inverting seperti pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7 Desain rangkaian penguat non-inverting

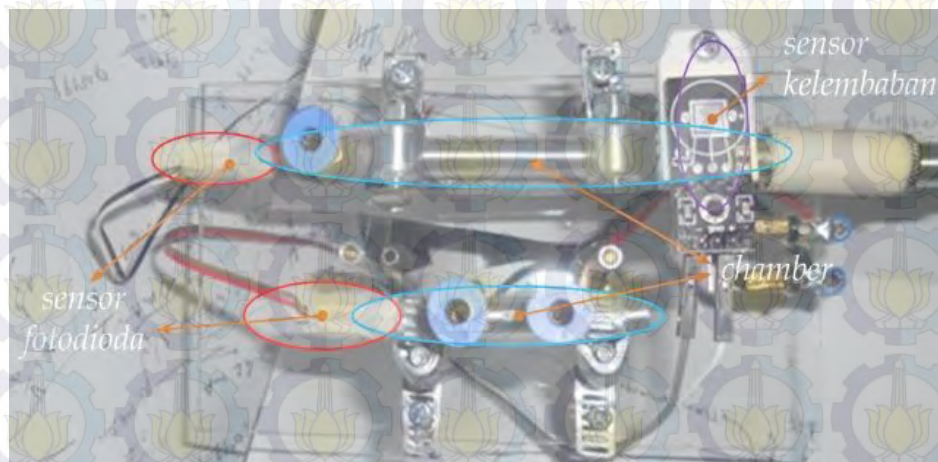


Gambar 3.8 Bentuk fisik rangkaian penguat non-inverting dan fotodioda

Sensor fotodioda akan merespon perubahan intensitas cahaya yang diterima dengan perubahan arus yang dikeluarkan. Semakin besar cahaya yang diterima, maka semakin besar pula arus yang dikeluarkan oleh fotodioda. Arus ini yang akan diionversi menjadi tegangan oleh resistor yang diseri ($R_1 = 30k\Omega$) seperti terlihat pada Gambar 3.7 sebelumnya.

3.6. Mekanik proses *learning* dan identifikasi gas menggunakan metode spektrofotometri

Terdapat tiga komponen penting mekanik yang dibuat pada penelitian ini yakni bagian pertama adalah medium percobaan (*chamber*) yang digunakan untuk proses pengambilan data dan proses identifikasi sampel gas. *Chamber* ini terbuat dari pipa *stainless* berbahan material baja yang telah dilapisi oleh cairan aluminium disisi luar dan dalamnya. Medium percobaan ini (*chamber*) dilengkapi sensor fotodioda, elemen pemanas dan sensor suhu LM35. Bagian kedua adalah medium percobaan berupa tabung sampel yang berfungsi untuk menambahkan sampel gas (analit) yang terdiri dari tabung aquades, *valve*, pompa, tabung sampel gas, dan tempat silica gel. Sebelum melakukan proses pengambilan data dan proses identifikasi maka *chamber* harus dibersihkan dengan udara kering terlebih dulu. Gambar 3.9 adalah mekanik yang telah dirancang untuk sistim identifikasi dan pengukur konsentrasi gas.



Gambar 3.9 Mekanik hasil pembuatan medium percobaan (*chamber*)

Selain itu, nilai set point untuk suhu dalam chamber juga harus diatur terlebih dulu pada nilai *setting-point* tertentu. Proses ini harus selalu dilakukan sebelum melakukan setiap proses pengambilan data maupun proses identifikasi gas atau uap. Gambar 3.10 adalah mekanik perancangan tabung sampel gas untuk proses distribusi gas ke medium percobaan (*chamber*).



Gambar 3.10 Mekanik perancangan tabung sampel gas untuk proses distribusi gas

3.7. Penerapan hukum *Lambert-Beer* dengan Metode Spektrofotometri

Sensor fotodioda akan merespon setiap perubahan intensitas cahaya yang diterima dengan perubahan arus yang dikeluarkan. Jika konsentrasi sampel gas di dalam kuvet padat maka besarnya intensitas cahaya setelah melewati kuvet akan semakin redup sehingga cahaya yang ditangkap oleh sensor fotodioda akan semakin kecil intensitas cahayanya. Besarnya intensitas cahaya yang semakin kecil ini mengakibatkan arus yang ditimbulkan oleh fotodioda akan semakin kecil.

Hukum *Lambert-Beer* dapat digunakan untuk menentukan jenis analit dan juga mampu menghitung besarnya konsentrasi analit yang terdapat dalam medium percobaan (*chamber*). Gambar 3.12 adalah bentuk fisik penerapan dari Hukum *Lambert-Beer* pada proses pengukuran konsentrasi menggunakan metode spektrofotometri terhadap medium gas. Hukum *Lambert-Beer* didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut.

$$A(\lambda) = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \alpha(\lambda)l = \varepsilon(\lambda)cl \quad (3.2)$$

dimana λ adalah panjang gelombang cahaya sebuah LED (*nm*), $A(\lambda)$ adalah besarnya penyerapan/absorpsi, $\alpha(\lambda)$ adalah koefisien absorptansi (cm^{-1}), $\varepsilon(\lambda)$ adalah koefisien ekstensi molar ($\text{mol}^{-1}\text{Lcm}^{-1}$), l adalah panjang *chamber* (*cm*), I_0 adalah intensitas cahaya untuk respon udara kering, dan I adalah intensitas cahaya untuk respon sampel gas.



Gambar 3.12 Bentuk fisik penerapan hukum *Lambert-Beer*

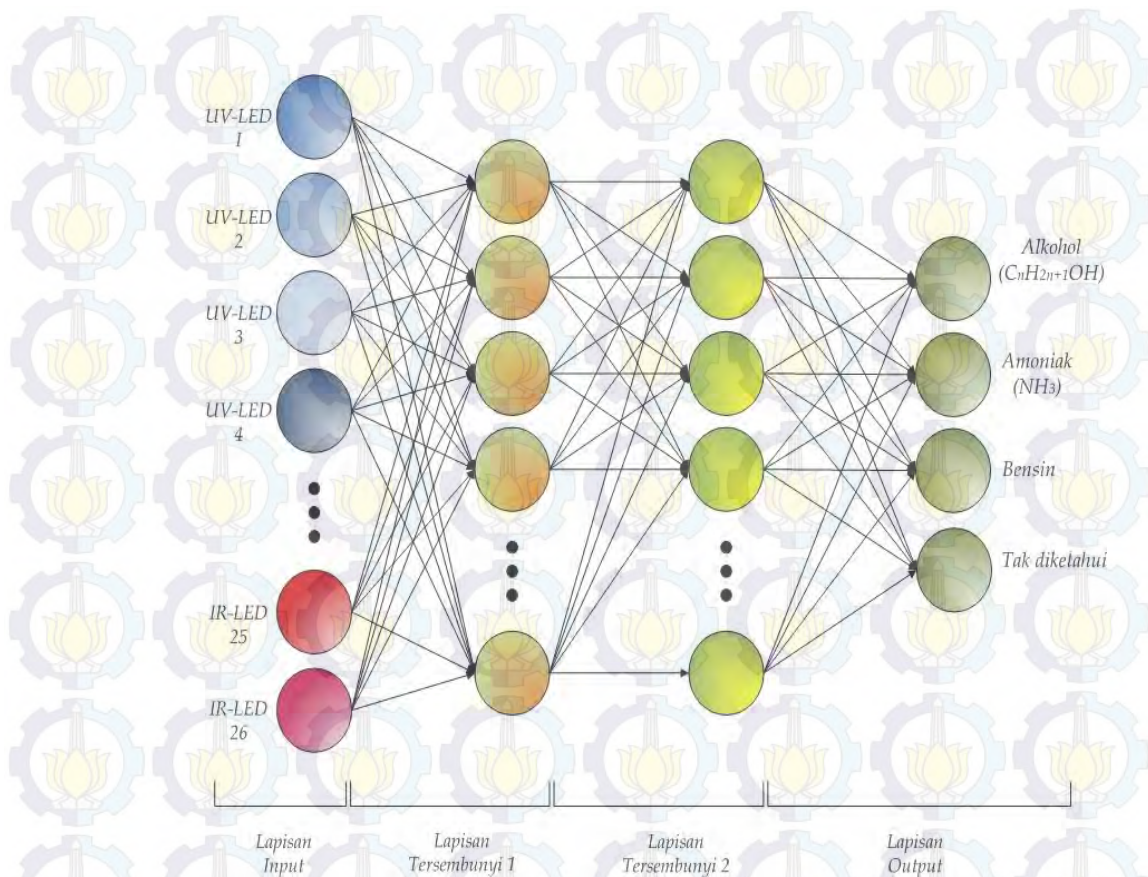
3.8. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*)

Proses pelatihan dan pengujian untuk mengidentifikasi sampel gas dilakukan dalam sistim ini menggunakan *software* Borland Delphi 7. Topologi jaringan syaraf tiruan menggunakan *Perceptron* dengan *layer* banyak terdiri dari tiga lapisan utama, yakni: lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran.

Hasil penyerapan yang merupakan selisih antara besarnya intensitas pada sampel gas yang ingin dianalisa dengan intensitas udara kering dari pembacaan pada 26 deret Light Emitting Diode (LED) menjadi masukan pada jaringan syaraf tiruan. Sejumlah 26 data merupakan hasil pembacaan ADC. Data dari lapisan input kemudian menjadi masukan ke lapisan tersembunyi pertama. Lapisan tersembunyi pertama dan lapisan tersembunyi ke-dua memiliki jumlah neuron sebanyak 9 unit neuron. Keluaran dari lapisan tersembunyi ke-dua diteruskan ke lapisan output. Dan lapisan terakhir yang merupakan layer output memiliki jumlah neuron sebanyak 3 unit neuron yang terdiri dari gas Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$), Amoniak (NH_3), dan bensin. Dengan demikian diharapkan hasil yang baik dan akurat dalam mengelompokkan beberapa jenis gas yang ingin dianalisa.

Algoritma backpropagasi diperlukan dalam proses identifikasi jenis gas, karena selama proses pembelajaran memiliki kemampuan untuk memperbaiki bobot pada layer tersembunyi. Perancangan program jaringan syaraf untuk identifikasi jenis gas dapat dilihat pada Gambar 3.13.

Tabel 3.3 merupakan hubungan antara jenis gas terhadap pola target output pada jaringan neural yang dilakukan dalam penelitian sistim identifikasi menggunakan metode spektrofotometri. Banyaknya *node* pada lapisan keluaran menyesuaikan dengan banyaknya sampel gas yang ingin dianalisa yaitu: sebanyak 2 jenis, yakni: Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$), Amoniak (NH_3), dan bensin.



Gambar 3.13 Arsitektur jaringan syaraf tiruan

Tabel 3.4 berikut adalah masukan untuk jaringan neural yang telah dirancang dalam percobaan, dimana sebanyak 26 data dari hasil pembacaan ADC akan dimasukkan sebagai data masukan ke jaringan syaraf tiruan.

3.9. Prosedur Pengambilan Data Pelatihan

Proses pengambilan data pelatihan dilakukan untuk menganalisa pada 3 proses utama yakni: proses pengambilan data, proses *learning*/pembelajaran, dan proses identifikasi gas.

Tabel 3.3 Pola target pada pelatihan jaringan syaraf tiruan

No. Pola	Sampel Gas	Target
1	Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$)	001
2	Amoniak (NH_3)	010
3	Bensin	100

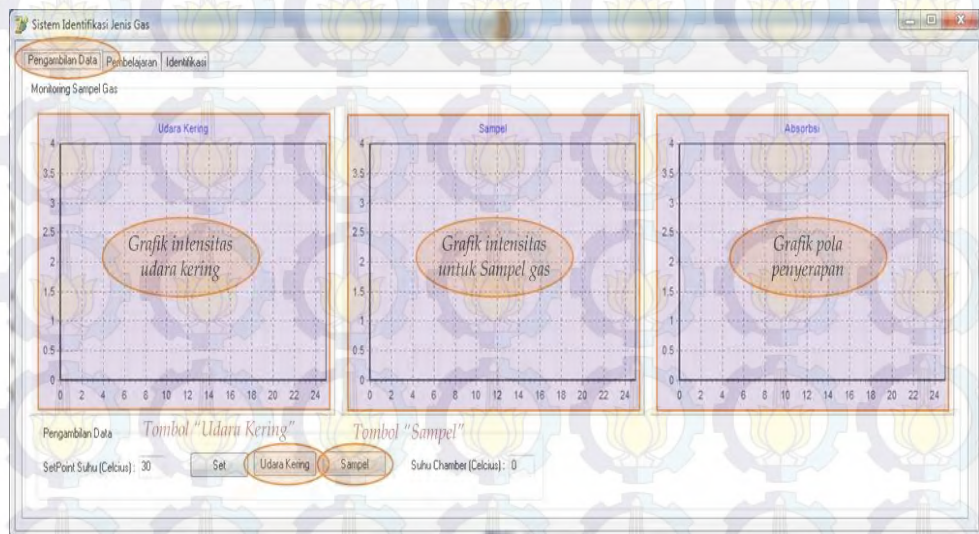
Tabel 3.4 Pembagian banyaknya masukan jaringan neural terhadap rentang panjang gelombang deret LED

No.	Tipe	Panjang Gelombang	Masukan Jaringan Neural
1.	LED385-04	385	<i>node ke-1</i>
2.	VL390-5-15	390	<i>node ke-2</i>
3.	RLU395-8-30	395	<i>node ke-3</i>
4.	VL400-5-15	400	<i>node ke-4</i>
5.	LED405-02V	405	<i>node ke-5</i>
6.	VL415-5-15	415	<i>node ke-6</i>
7.	LED420-01	420	<i>node ke-7</i>
8.	VL425-5-15	425	<i>node ke-8</i>
9.	LED430-06	430	<i>node ke-9</i>
10.	LED435-12-30	435	<i>node ke-10</i>
11.	ELD935-525	935	<i>node ke-11</i>
12.	LED940-06V	940	<i>node ke-12</i>
13.	ELD-950-535	950	<i>node ke-13</i>
14.	ELD-960-545	960	<i>node ke-14</i>
15.	LED970-01	970	<i>node ke-15</i>
16.	LED980-03	985	<i>node ke-16</i>
17.	ELD-1020-525	1020	<i>node ke-17</i>
18.	LED1050-33	1050	<i>node ke-18</i>
19.	ELD-1060-525	1060	<i>node ke-19</i>
20.	LED1070-03	1070	<i>node ke-20</i>
21.	LED1200-03	1200	<i>node ke-21</i>
22.	ELD-1300-525	1300	<i>node ke-22</i>
23.	LED1450-03	1450	<i>node ke-23</i>
24.	ELD-1480-525	1480	<i>node ke-24</i>
25.	ELD-1550-525	1550	<i>node ke-25</i>
26.	ELD-1720-535	1720	<i>node ke-26</i>

Pengambilan data pembelajaran berisi langkah-langkah untuk mengambil data. Pertama kali dilakukan adalah dengan menangkap intensitas udara kering maupun intensitas pada sampel gas yang ingin dianalisa. Pengambilan data ini dilakukan sebanyak lima kali pada setiap sampel gas. Setiap pengambilan data ini dilakukan dalam waktu 520 ms untuk setiap pengambilan sampel gas. Pada setiap pengambilan data, udara bersih dimasukkan selama 260 ms, kemudian mengambil data lagi untuk jenis gas tertentu selama 260 ms. Pada saat pengambilan data pembelajaran untuk memperoleh intensitas udara kering, dilakukan dengan menekan tombol "udara kering" terlebih dahulu. Proses pengambilan data untuk udara kering dilakukan dalam waktu 260 ms, setelah itu data udara kering disimpan. Kemudian untuk memperoleh intensitas sampel gas, dilakukan dengan menekan tombol "Sampel". Proses pengambilan data sampel gas dilakukan dalam waktu 260 ms, kemudian data sampel gas disimpan.

Setelah diperoleh data untuk intensitas udara kering dan intensitas sampel gas maka diperoleh data pola penyerapan dengan mencari selisih antara intensitas sampel gas dengan intensitas udara kering. Data pola penyerapan ini disimpan dengan nama file "data.xls", kemudian harus di-edit dan dimasukkan ke dalam file "learning.xls" sehingga diperoleh satu paket data pola penyerapan. Proses ini diulang hingga diperoleh 5 jenis data pola penyerapan untuk sampel gas alkohol. Dengan cara yang sama diperoleh pula 5 jenis data untuk pola penyerapan untuk sampel gas amoniak dan bensin, sehingga total data pola penyerapan baik sampel gas alkohol, amoniak, dan bensin adalah sebanyak 15 data.

Data pola penyerapan gas dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali untuk memperoleh data pola penyerapan sampel alkohol, 5 kali pengambilan untuk memperoleh data pola penyerapan sampel amoniak, dan 5 kali pengambilan untuk memperoleh data pola penyerapan sampel bensin. Sehingga diperoleh total 15 data pola penyerapan.



Gambar 3.14 Tampilan desain *software* untuk prosedur pengambilan data pembelajaran

Untuk selain jenis gas alkohol, amoniak, dan bensin di atas akan masuk ke *cluster* target output tak dikenali seperti terlihat pada Tabel 3.5.

Setelah diperoleh data pola penyerapan ini, maka selanjutnya sebanyak 15 data ini dikumpulkan sebagai data input dan menentukan target output masing-masing data yang kemudian disimpan dan akan digunakan untuk proses *learning*/pembelajaran pada jaringan neural selanjutnya. Data pembelajaran dan target output dikumpulkan dan dijadikan dalam satu file serta diberi nama "*learning.xls*". Untuk proses pengumpulan data pembelajaran, target output, dan pemberian nama file masih dilakukan secara manual. Gambar 3.14 adalah tampilan program untuk prosedur pengambilan data pembelajaran. Tabel 3.5 adalah target output sebagai pasangan untuk masing-masing data input pola penyerapan.

3.10 Prosedur *learning*/Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan

Pertama dilakukan dalam proses pembelajaran ini adalah dengan memasukkan data-data pola penyerapan gas yang telah tersimpan sebelumnya kemudian dengan pola-pola ini dilakukan proses pembelajaran.

Tabel 3.5 Target output pola penyerapan

No. Pola	Sampel Gas	Target
1	Alkohol ($C_nH_{2n+1}OH$)	0001
2	Amoniak (NH_3)	0010
3	Bensin	0100
4	Tak diketahui	1000

Proses ini bertujuan untuk meperkecil nilai error agar sesuai dengan target error yang telah ditentukan. Selain itu juga untuk menentukan nilai bobot akhir pada proses pembelajaran. Setelah bobot akhir diacari maka akan disimpan dalam folder *software* program delphi yang telah dibuat. Prosedur pembelajaran pada jaringan neural adalah dengan menekan tombol "*open file*", dimana dialog ini akan meminta operator untuk memasukkan file hasil pengambilan data yang telah dilakukan sebelumnya dengan nama file "*learning.xls*".

Jika data pelatihan telah dimasukkan, maka selanjutnya *software* akan secara otomatis melakukan proses pembelajaran sehingga pencarian untuk inisialisasi bobot awal sudah tidak perlu dilakukan karena perintah untuk memasukkan inisilisasi bobot telah terprogram di dalam software secara otomatis, dan proses pembelajaran akan berjalan.

Proses pembelajaran akan berhenti jika nilai *minimum square error* (MSE) telah terpenuhi sesuai dengan nilai target error yang telah ditentukan sebelumnya atau proses pembelajaran akan berhenti saat banyaknya *epoch* telah mencapai batas iterasi maksimum yang telah ditentukan. Langkah terakhir adalah menyimpan bobot akhir hasil dari proses pelatihan jaringan neural.

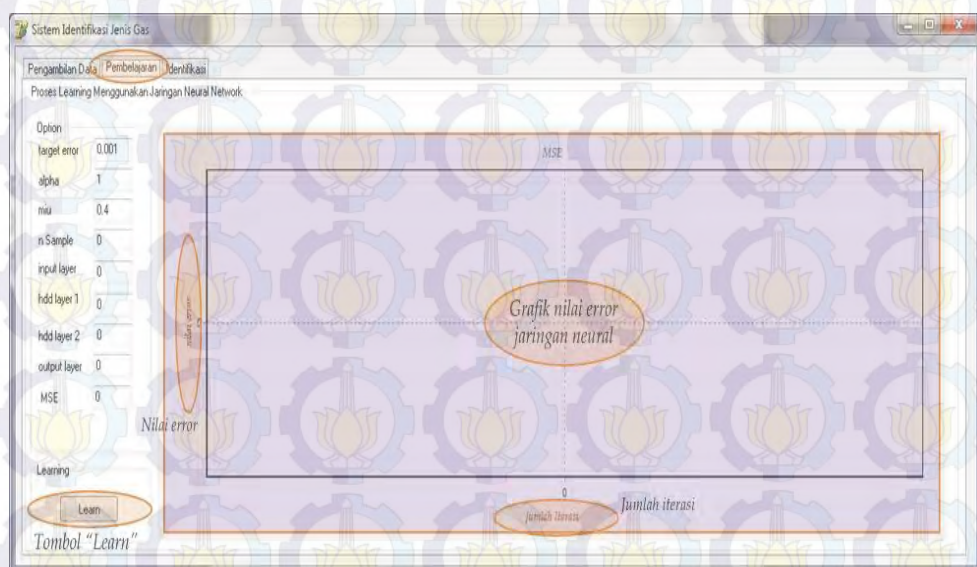
Proses penyimpanan bobot dilakukan secara otomatis dengan nama "*weight_updated.txt*", dan digunakan untuk melakukan proses identifikasi gas selanjutnya. Gambar 3.15 adalah desain program untuk proses learning/pembelajaran.

3.11 Prosedur Identifikasi Gas

Pada proses identifikasi gas ini, yang pertama dilakukan yakni memanggil kembali bobot yang telah terlatih untuk dimasukkan ke dalam jaringan neural. Pada proses identifikasi dilakukan dengan cara menekan tombol panel "auto" dan tombol "Identifikasi". Jika sebelumnya belum pernah dilakukan proses learning maka *software* akan membuka sebuah *open dialog* untuk memerintahkan agar file "*learning.xls*".

Namun jika sudah dilakukan proses learning maka *software* akan secara langsung memanggil kembali bobot akhir proses pembelajaran sebelumnya dengan nama "*weight_updated.txt*" yang digunakan sebagai salah satu parameter pada proses identifikasi.

Kemudian operator menekan tombol "Identifikasi" untuk dilakukan proses Identifikasi, kemudian operator harus membuka keran aliran udara kering untuk meng-*capture* data intensitasnya. Pada durasi waktu ke-260ms maka operator harus menutup keran udara kering dan membuka keran sampel gas meng-*capture* data intensitasnya, maka diperoleh pola penyerapannya yang akan muncul pada grafik "absorbsi". Kemudian dari data pola penyerapan itu maka akan diketahui jenis gas yang dimasukkan. Gambar 3.16 adalah desain program untuk proses identifikasi gas.



Gambar 3.15 Desain program untuk proses *learning*/pembelajaran



Gambar 3.16 Desain program untuk proses identifikasi jenis gas

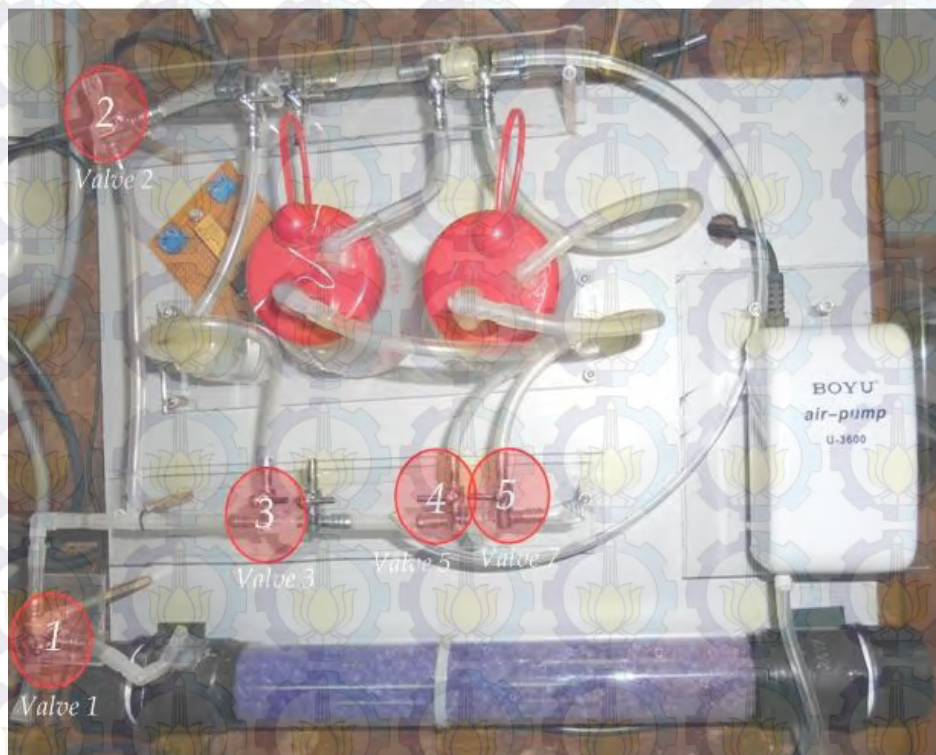
BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISA SISTIM

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan analisa dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistim yang telah dibuat. Pengujian dan analisa pada bab ini adalah membahas dari perancangan sistim dengan disertai data, tabel, dan gambar yang mendukung. Pengujian dan analisa dilakukan untuk mengetahui fungsional tiap-tiap sub sistim yang telah dibuat. Adapun pengujian yang dilakukan terdiri atas:

4.1 Pengujian Sistim Aliran Udara dan Uap

Pengujian sistim saluran udara dilakukan untuk mengetahui apakah saluran udara yang dibuat terjadi kebocoran atau tidak. Pengujian ini dilakukan di beberapa titik persambungan antara *valve* dengan konektor berupa selang dan juga persambungan antara *valve* dengan *valve* yang lain. Alat pengukur laju aliran udara ini menggunakan *flowmeter* analog.



Gambar 4.1 Titik-titik dilakukan pengukuran laju aliran udara setiap *valve*

Tabel 4.1 Tabel pengukuran laju aliran uap

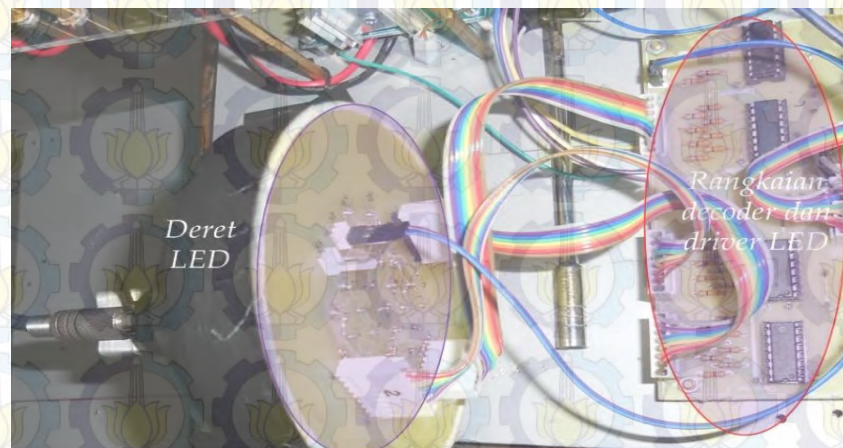
No. Pengukuran	Titik ukur	Tekanan pompa (L/mnt)	Hasil Pengukuran L/mnt
1	valve 1	0.1	0.1
2	valve 2	0.1	0.09
3	valve 3	0.1	0.05
4	valve 4	0.1	0.07
5	valve 5	0.1	0.09

Untuk lebih jelas mengetahui titik persambungan yang diukur, maka digambarkan titik persambungan saluran udara dan uap gas seperti Tabel 4.1 di atas.

Pengukuran laju aliran uap pada tiap-tiap titik hampir terjadi mengalami penurunan karena adanya kemungkinan celah di tiap-tiap *valve* yang digunakan. Pengukuran laju aliran di atas menggunakan *valve* 1 sebagai referensi untuk hasil pengukuran selanjutnya.

4.2 Pengujian rangkaian spektrometer

Pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah pengukuran rangkaian spektrometer terhadap tegangan yang dihasilkan pada masing-masing *Light Emitting Diode* (LED). Gambar 4.2 adalah perancangan untuk bagian rangkaian spektrometer yang dalam sistim identifikasi dan pengukur konsentrasi menggunakan metode spektrofotometri.



Gambar 4.2 Perancangan untuk bagian blok rangkaian spektrometer

Tabel 4.2 Pengukuran tegangan deret *Light Emitting Diode* (LED) yang digunakan dalam percobaan

No.	Panjang Gelombang (nm)	Hasil pengukuran (Volt)
1	380	3.129
2	390	3.28
3	395	3.70
4	400	3.229
5	405	5.035
6	415	3.028
7	420	2.918
8	425	3.065
9	430	3.09
10	435	2.838
11	935	1.14
12	940	1.148
13	950	1.124
14	960	1.123
15	970	1.12
16	985	1.135
17	1020	1.14
18	1050	1.045
19	1060	0.975
20	1070	1.014
21	1200	0.963
22	1300	0.80
23	1450	0.776
24	1480	0.727
25	1550	0.671
26	1720	0.616

Rangkaian spektrometer ini terdiri atas rangkaian *decoder* HD74LS138 dan rangkaian *driver* deret 26 LED dengan panjang gelombang

antara 380 nm sampai 1720 nm. Untuk hasil pengukuran tegangan deret LED terhadap panjang gelombangnya diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.2 sebelumnya.

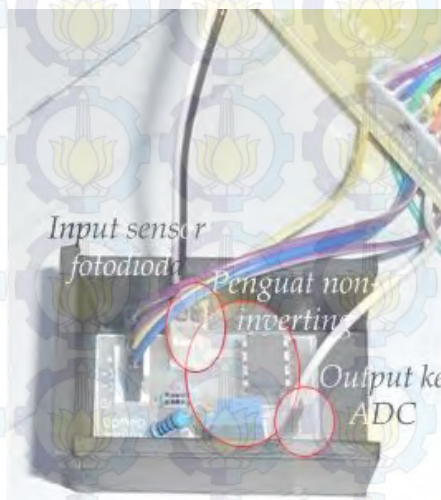
4.3 Pengujian rangkaian fotometer

Pengujian pada bagian rangkaian fotometer terdiri atas rangkaian penguat non-inverting dan sensor fotodioda. Rangkaian fotometer ini berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur intensitas serapan cahaya dari deret LED. Komponen penguat yang digunakan adalah OP07 yang merupakan jenis penguat operasional *dual supply* yang menggunakan tegangan +12 V dan -12V sebagai *supply*. Gambar 4.3 adalah perancangan untuk bagian rangkaian fotometer yang dalam sistim identifikasi dan pengukur konsentrasi menggunakan metode spektrofotometri.

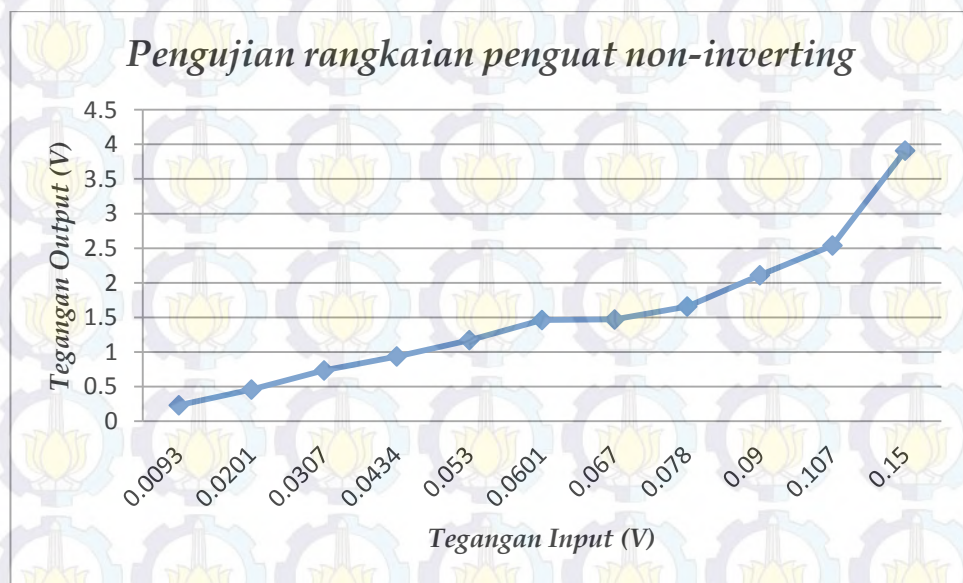
Pengujian penguat non-inverting perlu dilakukan untuk mengetahui besar penguatan yang cocok digunakan untuk mendapatkan respon sensor fotodioda yang baik. Berikut adalah hasil pengujian penguat non-inverting yang dilakukan dalam percobaan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian penguat non-inverting

No.	Besar tegangan input (Volt)	Besar tegangan output (Volt)
1.	0.0093	0.232
2.	0.0201	0.459
3.	0.0307	0.735
4.	0.0434	0.937
5.	0.053	1.173
6.	0.0601	1.463
7.	0.067	1.471
8.	0.078	1.658
9.	0.090	2.11
10.	0.107	2.54
11.	0.150	3.91



Gambar 4.3 Perancangan pada bagian blok rangkaian fotometer



Gambar 4.4 Pengujian rangkaian penguat non-inverting

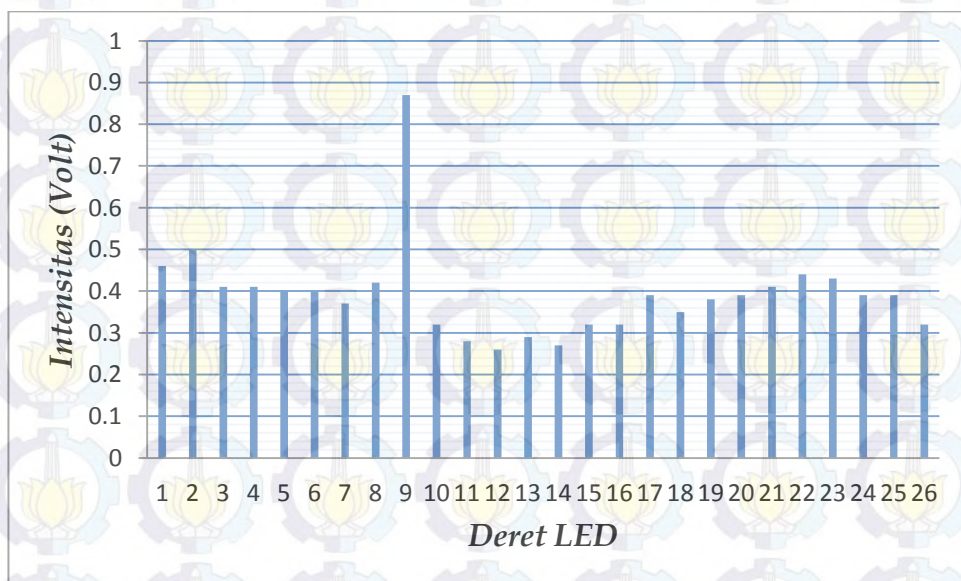
Pada Tabel 4.3 sebelumnya, tampak bahwa rangkaian fotometer dengan menggunakan penguat non-inverting dapat bekerja dengan baik. Hal ini dapat dilihat bahwa penguatan yang dilakukan adalah sebesar 21 - 25 kali, meskipun penguatan yang diatur sebelumnya adalah 26 kali. Perbedaan ini bisa terjadi karena nilai toleransi pada resistor yang tidak sama dengan nol.

4.4 Identifikasi Uap Alkohol Menggunakan Jaringan Neural

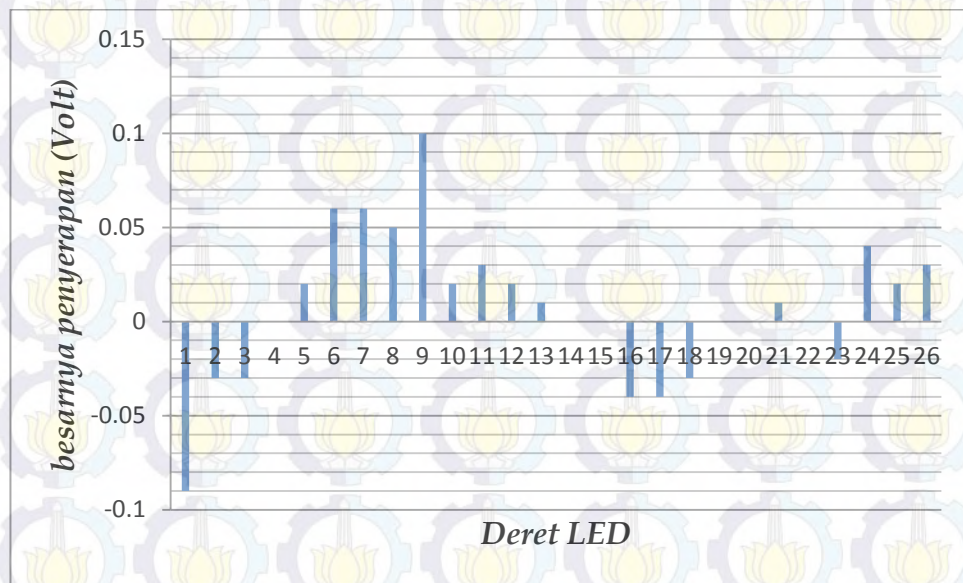
Sebelum melakukan pelatihan dan pengujian terhadap penambahan analit, maka medium tempat pengujian dibersihkan terlebih dulu dengan udara kering (udara yang tidak mengandung uap air) yang dipompa dari luar. Laju aliran uap ini diatur sebesar 0.1 *liter per menit* (Lpm). Durasi yang dibutuhkan untuk membersihkan medium percobaan (*chamber*) ini adalah ± 5 menit. Prosedur pengujian rangkaian dilakukan dengan mengambil sampel udara kering sebagai referensi untuk mencari nilai absorpsi / penyerapan analit. Kemudian nilai absorpsi ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Penyerapan} = \text{Sampel} - \text{UdaraKering} \quad (4.1)$$

dimana, *Sampel* adalah respon tegangan keluaran rangkaian fotodiode setelah melewati medium percobaan. *UdaraKering* adalah respon tegangan keluaran rangkaian fotodiode tanpa melewati medium percobaan. sehingga, selanjutnya proses untuk menentukan nilai penyerapan analit menggunakan persamaan (4.1) di atas.



Gambar 4.5a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi



Gambar 4.5b Pola penyerapan yang terbentuk pada proses identifikasi gas alkohol

Berdasarkan Gambar 4.5b dapat dilihat bahwa intensitas cahaya pada pancaran LED ke-4 besarnya penyerapan sama dengan nol berarti tidak ditemukan adanya penyerapan cahaya oleh sampel gas atau dengan kata lain intensitas cahaya yang masuk ke medium percobaan (*chamber*) sama dengan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor fotodiode. Begitu juga dengan LED ke-14, LED ke-15, LED ke-19, LED ke-20, dan LED ke-22, bahwa besarnya penyerapan sama dengan nol.

Berdasarkan Gambar 4.5b, grafik menunjukkan bahwa besarnya penyerapan yang dilakukan oleh gas alkohol pada LED ke-5 bernilai positif, berarti intensitas cahaya yang diterima fotodiode akibat pancaran radiasi oleh LED ke-5 menyebabkan intensitasnya bertambah.

Hal ini dikarenakan sinar Ultraviolet memiliki panjang gelombang (λ) yang pendek sehingga energi foton yang dihasilkan cukup besar untuk mengeksitasi partikel-partikel yang ada dalam gas alkohol. Begitu juga dengan LED ke-6, LED ke-7, LED ke-8, LED ke-9, LED ke-10, LED ke-11, LED ke-12, LED ke-13, LED ke-21, LED ke-24, LED ke-25, dan LED ke-26.

Berdasarkan Gambar 4.5b pula, grafik menunjukkan bahwa untuk intensitas pancaran sinar LED ke-1 bernilai negatif, berarti intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED tersebut berkurang saat diterima oleh fotodioda, dengan kata lain pancaran sinar LED tersebut terserap oleh gas alkohol.

Hal ini dikarenakan LED ini berjenis Infrared yang memiliki panjang gelombang (λ) yang panjang sehingga energi foton yang dihasilkan hanya sanggup untuk menggetarkan partikel-partikel yang ada dalam gas alkohol. Begitu juga dengan LED ke-2, LED ke-3, LED ke-16, LED ke-17, LED ke-18, dan LED ke-23.

Dari proses identifikasi di atas diperoleh persentase kebenaran seperti tampak pada Tabel 4.4 diperoleh persentase kebenarannya adalah sebesar 80%.

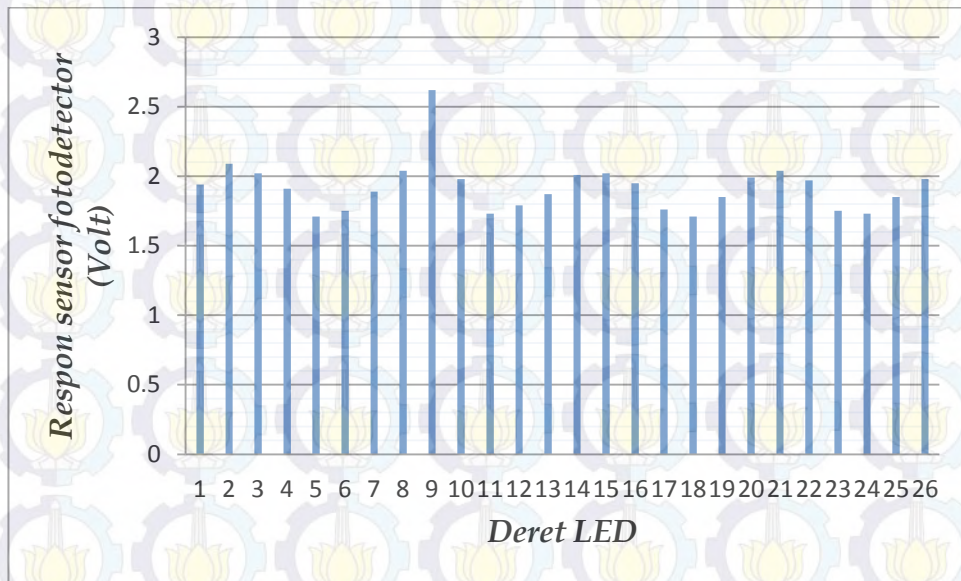
4.5 Identifikasi Gas Amoniak menggunakan jaringan neural

Sama seperti prosedur pengujian uap alkohol, sebelum melakukan pelatihan dan proses identifikasi terhadap penambahan analit.

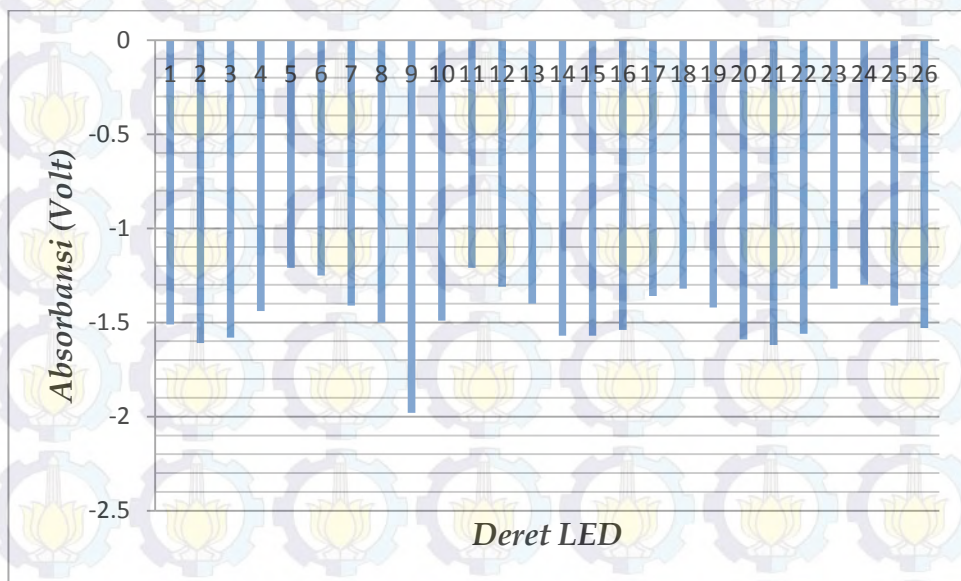
Selanjutnya proses untuk menentukan nilai penyerapan analit menggunakan persamaan (4.1).

Tabel 4.4 Hasil proses identifikasi untuk gas alkohol

No.	Jenis sampel	Keterangan	Persentase Kebenaran
1.	Alkohol	Alkohol	80%
2.	Alkohol	Alkohol	
3.	Alkohol	Alkohol	
4.	Alkohol	Alkohol	
5.	Alkohol	<u>Bensin</u>	



Gambar 4.6a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi



Gambar 4.6b Pola penyerapan yang terbentuk pada proses identifikasi gas amoniak

Berdasarkan Gambar 4.6b, grafik menunjukkan bahwa untuk intensitas pancaran sinar LED ke-1 hingga LED ke-26 bernilai negatif, berarti intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED tersebut terserap semua oleh gas amoniak.

Tabel 4.5 Hasil proses identifikasi untuk gas amoniak

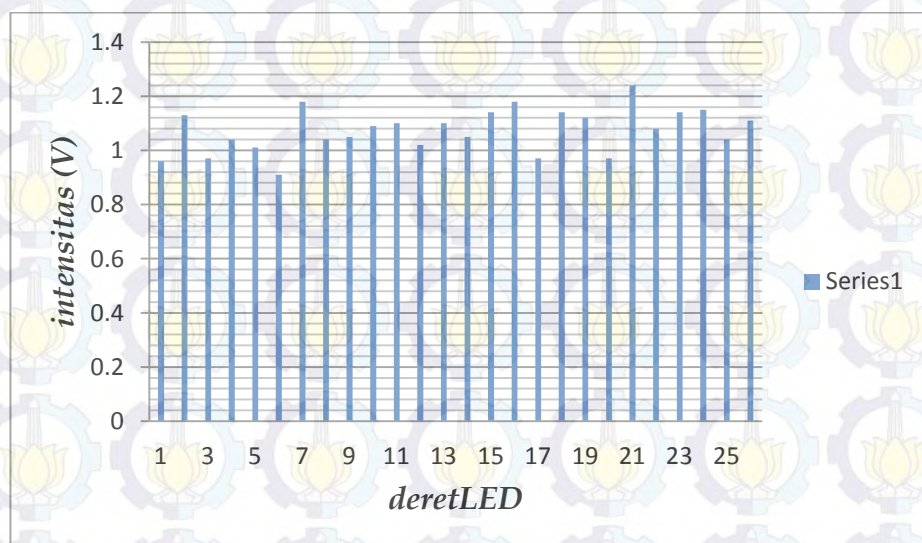
No.	Jenis sampel	Keterangan	Persentase Kebenaran
1.	Amoniak	Amoniak	60%
2.	Amoniak	<u>Alkohol</u>	
3.	Amoniak	Amoniak	
4.	Amoniak	<u>Bensin</u>	
5.	Amoniak	Amoniak	

Hal ini dikarenakan LED ini berjenis Infrared yang memiliki panjang gelombang (λ) yang panjang sehingga energi foton yang dihasilkan hanya sanggup untuk menggetarkan partikel-partikel yang ada dalam gas amoniak.

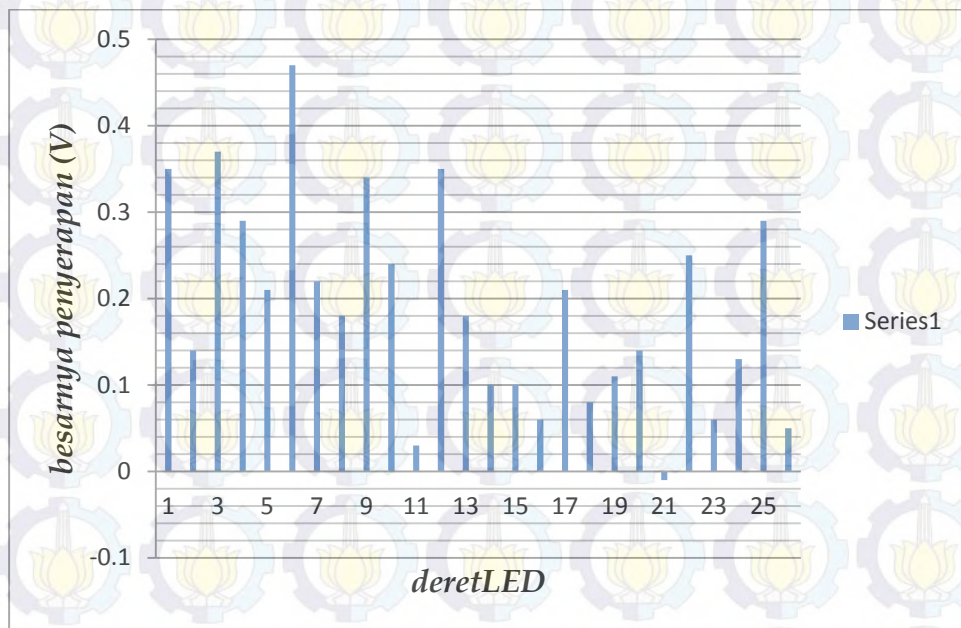
Dari pengujian gas amoniak di atas diperoleh persentase kebenarannya adalah sebesar 60%.

4.6 Identifikasi Uap Bensin Menggunakan Jaringan Neural

Sama seperti prosedur pengujian gas alkohol, sebelum melakukan pelatihan dan proses identifikasi terhadap penambahan analit.



Gambar 4.7a Intensitas cahaya untuk udara kering pada proses identifikasi



Gambar 4.7b Pola penyerapan yang terbentuk pada proses identifikasi gas bensin

Berdasarkan Gambar 4.7b, grafik menunjukkan bahwa besarnya penyerapan yang dilakukan oleh uap bensin pada LED ke-1 bernilai positif, berarti intensitas cahaya yang diterima fotodiode akibat pancaran radiasi oleh LED ke-1 menyebabkan intensitasnya bertambah. Hal ini dikarenakan sinar Ultraviolet memiliki panjang gelombang (λ) yang pendek sehingga energi foton yang dihasilkan cukup besar untuk mengeksitasi partikel-partikel yang ada dalam uap bensin. Begitu juga dengan LED ke-2 sampai dengan LED ke-20, dan LED ke-22 sampai dengan LED ke-26.

Sedangkan LED ke-21 bernilai negatif, berarti intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED tersebut berkurang saat diterima oleh fotodiode, dengan kata lain pancaran sinar LED tersebut terserap oleh gas alkohol. Hal ini dikarenakan LED ini berjenis Infrared yang memiliki panjang gelombang (λ) yang panjang sehingga energi foton yang dihasilkan hanya sanggup untuk menggetarkan partikel-partikel yang ada dalam uap bensin.

Tabel 4.6 Hasil proses identifikasi untuk gas amoniak

No.	Jenis sampel	Keterangan	Persentase Kebenaran
1.	Bensin	Bensin	40%
2.	Bensin	<u>Alkohol</u>	
3.	Bensin	<u>Amoniak</u>	
4.	Bensin	Bensin	
5.	Bensin	<u>Amoniak</u>	

Seperti tampak pada Tabel 4.6 di atas, proses identifikasi untuk uap bensin diperoleh persentase kebenarannya adalah sebesar 40%.

BAB 5

PENUTUP

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa sistim pada penelitian dengan judul "Rancang Bangun Sistim Identifikasi Gas Menggunakan Sinar UV-IR dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan" ini, penulis mendapatkan kesimpulan memberikan saran yang akan berguna bagi pengembangan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistim yang digunakan untuk mengukur dan mengenali jenis gas menggunakan deret *Light Emitting Diode* dengan panjang gelombang yang berbeda mulai dari ultra violet 385 nm sampai infrared 1720 nm. Deret LED tersebut menghasilkan pola serapan panjang gelombang yang spesifik dan unik untuk setiap gas yang diujikan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa Deret LED dengan panjang gelombang yang berbeda dan pengenalan pola Jaringan Syaraf Tiruan dapat mengenali jenis gas dengan tingkat kebenaran 60%.

5.2 Saran

Pengembangan selanjutnya pada sistim implementasi pengukur tingkat konsentrasi untuk mengenali jenis gas maupun uap berikutnya perlu dipertimbangkan hal sebagai berikut:

1. Perlu ditambahkan adanya parameter suhu sebagai variabel pada kendali umpan balik untuk plant yang dibuat.
2. Perlu ditambahkan adanya jenis Light Emtting Diode (LED) agar tingkat selektifitas sistim lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshak, K., dkk. (2004), "A Review of Gas Sensors Employed in Electronic Nose Applications", *Sensor Review*, Vol. 24, No. 2, hal. 181-198.
- Benedetti, S., dkk. (2004), "Electronic Nose and Neural Network Use for The Classification Of Honey", *Apidologie*, Vol.35, hal 1-6.
- Hauser, P.C., dkk. (1995), "A Multi-Wavelength Photometer Based on Light-Emitting Diodes". *Talanta*, Vol. 42, No. 4, hal. 605-612.
- Jamal, M., dkk. (2010), "Artificial Neural Network Based E-Nose and Their Analytical Applications in Various Field", *Proceeding of Eleventh International. Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, hal. 691-698.
- Morsi, I. (2010), "Electronic Nose System and Artificial Intelligent Techniques for Gases Identification", dalam *Data Storage*, ed. Balasa, F., InTech, Shanghai, hal. 175-200.
- Mulyarto, A.R., dkk. (2005), "Application of Industrial Pollution Projection System Model to Estimate the Pollution Level of Industries in Surabaya", *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 6, No. 1, hal. 87-44.
- Okajima, H., dkk. (2006), "Measurement of Methane Gas Concentration Using an Infrared LED", *Conference of SICE-ICASE International Joint Conference*, Bexco, Busan, hal. 18-21.
- Li, S. (2009), *Overview of Odor Detection Instrumentation and the Potential for Human Odor Detection in Air Matrices*, Mitre Nanosystems Group, MITRE MIP Program and US Government Nano-Enabled Technology, Virginia.
- Pelosi, P. dan Persaud, K.C. (1988), "Gas Sensors: Towards an Artificial Nose". Dalam *Sensors and Sensory Systems for Advanced Robotics*,

Vol. F43, ed. Dario, P., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, hal. 361-381.

Persaud, K.C. dan Dodd, G. (1982), "Analysis of Discrimination Mechanisms in the Mammalian Olfactory System Using a Model Nose", *Nature*, Vol. 299, hal. 352-355.

Rivai, M., dkk. (2011), "Peningkatan Taraf Identifikasi Jenis Gas di Udara Terbuka Menggunakan Transformasi Fourier dan Principal Component Analysis", *Jurnal Ilmiah Kursor*, Vol. 6, No.2, hal. 103-110.

Rivai, M., dkk. (2011), "Electronic Nose Using Gas Chromatography Column and Quartz Crystal Microbalance", *Telkomnika*, Vol. 9, No. 2, hal. 319-326.

Rivai, M., dkk. (2012), "Sistim Diagnosa Udara Pernapasan Menggunakan Hidung Elektronik", *Prosiding InSINas*, Kementrian Riset dan Teknologi, Bandung, hal. 205-210.

Roscioni, C. dan De Ritis, G. (1968), "On the Possibilities to Using Odors As a Diagnostic Test of Disease (Preliminary Note)", *Ann. Carlo Forlanini*, Vol. 28, hal. 457-461.

Sanchez, J., dkk. (2006), "A Selective Gas Detection Micro-Device For Monitoring The Volatile Organic Compounds Pollution", *Sensors and Actuators B*, Vol. 119, hal. 227-233.

Sitorus, M. (2009), *SPEKTROSKOPI : Elusidasi Struktur Molekul Organik*, Edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Triantafyllou, A.G., dkk. (2008), "DOAS Measurements Above an Urban Street Canyon in an Medium Size City", *Global NEST Journal*, Vol. 10, No. 2, hal. 61-168.



Wego, A. (2013), "Accuracy Simulation of an LED Based Spectrophotometer", *Optik*, Vol. 124, Issue 7, 644-649.

Wilson, A.D., dkk. (2009), "Applications and Advances in Electronic Nose Technologies", *Sensors*, Vol. 9, 5099-5148.

Yeh, Tai-Sheng dan Tseng, Shih-Shin. (2006), "A Low Cost LED Based Spectrometer", *Journal of the Chinese Chemical Society*, Vol. 53, hal. 1067-1072.

Zang, Z.P., dkk. (1996), "Comparison of The BP Training Algorithm and LVQ Neural Networks for e , μ , π Identification", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, Vol. A, No. 379, hal. 271-275.

LAMPIRAN

/******

Source Code Program CODE VISION AVR

/******

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 9/15/2015

Author : happy nugroho

Company : ITS

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 4.000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
unsigned int suhu, humi;
```

```
float fSuhu=0, fHumi=0;
```



```

//int dum; // variabel sementara
unsigned char hitung(void)
{ unsigned char a,counter,hasil;
  counter=0; hasil=0;

  for (a=8;a>0;a--) // 8 kali tiap perhitungan
  { while(counter <100) // deteksi saat LOW ( tidak ada perhitungan)
    { delay_us(1);
      counter++;
      if (PIND.3==1) break; //tunggu sampai high dan keluar loop }
      counter=0;
      while(counter <100)
      { delay_us(1);
        counter++; // counter mendeteksi lebar pulsa
        if (PIND.3==0) break; //jika low maka keluar dari loop }
        // perhitungan 8 bit decimal dengan geser-geser bit
        //jika lebih 25us =1 , kurang < 25 us = 0
        if(counter > 25) hasil += (1 << (a-1)) ;
        counter=0; }
      return hasil; }

void baca_sensor()
{ unsigned char counter; suhu=0; humi=0; counter=0;

  DDRD.3=1; //PD3 sebagai output
  delay_ms(250);

  PORTD.3=0; // nolkan PD3
  delay_ms(18); //tunggu 18 ms

  PORTD.3=1; // naikan PD3
  delay_us(40); //tunggu 40us

  DDRD.3=0; //PD3 sebagai input
  //tunggu response dari DHT11
  while(counter <100)

```



```

{ delay_us(1);
  counter++;
  if (PIND.3==1) break; }
  counter=0;

  while(counter <100)
  { delay_us(1); counter++;
    if (PIND.3==0) break; }

  //baca data setelah response, lihat script di pembahasan selanjutnya untuk routine
  hitung()

  //8 bit pertama ( puluhan kelembaban )
  humi=hitung();

  //8 bit kedua( satuan kelembaban ), tidak usah di baca karena nilai selalu 0 untuk
  DHT11
  humi=(humi<<8)|hitung();

  //8 bit ketiga ( puluhan suhu )
  suhu=hitung();

  //8 bit keempat ( satuan suhu ), tidak usah di baca karena nilai selalu 0 untuk DHT11
  suhu=(suhu<<8)|hitung();

  //8 bit ke 5 tidak perlu dihitung }

  int s1; float tegangan, error;
  char dataString[3], temp[32];

  // Alphanumeric LCD functions
  #include <alcd.h>

  // Standard Input/Output functions
  #include <stdio.h>

  #define ADC_VREF_TYPE 0x40

  // Read the AD conversion result
  unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)

  { ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);

  // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
  delay_us(10000);

```



```

// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;

// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0); ADCSRA|=0x10; return ADCW; }

// Declare your global variables here
int i;

void decoder(int awal,int akhir,int delay){
    for(i=awal;i<=akhir;i++){
        PORTB=i;
        delay_ms(delay/2); s1=read_adc(7); delay_ms(delay/2);
        tegangan=s1*0.00488; lcd_gotoxy(0,0);
        sprintf(temp,"adc:%.2f V    ",tegangan); lcd_puts(temp);
        sprintf(temp,"!%.2f@0#",tegangan); puts(temp); } }

void main(void)
{ TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; TCNT1H=0x00; TCNT1L=0x00; ICR1H=0x00;
  ICR1L=0x00; OCR1AH=0x00; OCR1AL=0x00; OCR1BH=0x00; OCR1BL=0x00;
  ASSR=0x00; TCCR2=0x67; TCNT2=0x00; OCR2=0x00;
  MCUCR=0x00; MCUCSR=0x00;
  TIMSK=0x00;
  UCSRA=0x00; UCSRB=0xD8; UCSRC=0x86; UBRRH=0x00; UBRL=0x19;
  ACSR=0x80; SFIOR=0x00;
  ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff; ADCSRA=0x82;
  SPCR=0x00; TWCR=0x00;
  #asm("sei")
  lcd_init(16); lcd_gotoxy(0,0); lcd_putsf("THESIS HEPPY :)"); baca_sensor();

  humi=0; suhu=0; lcd_gotoxy(0,1); fHumi=0.1*humi; fSuhu=0.1*suhu;
  sprintf(temp,"hm:%.1f t:%.1f",fHumi,fSuhu);
  lcd_puts(temp); state=0;
  while (1)
  { // Place your code here

```



```

if(rx_counter!=0){
    myChar=getchar();
    if(myChar=='!')
        { decoder(240,247,100); decoder(232,239,100); decoder(216,223,100);
          decoder(190,191,100); baca_sensor(); lcd_gotoxy(0,1); fHumi=0.1*humi;
          fSuhu=0.1*suhu; sprintf(temp,"hm:%.1f t:%.1f",fHumi,fSuhu); lcd_puts(temp);
          state=0; }
    else if(myChar=='~')
        { i=0;
          for (i=0;i<=2;i++)
              { dataString[i]=""; }
          myChar = getchar(); i=0;
          while (myChar!='#')
              { dataString[i]=myChar; i++; myChar = getchar(); }
          setPoint=atoi(dataString); lcd_gotoxy(0,0); sprintf(temp,"%d",setPoint);
          lcd_puts(temp); state=1; }
    else if(myChar=='^')
        { state=0; }
    if(state==1)
        { lcd_gotoxy(0,1); suhu=read_adc(6); fSuhu=0.488*suhu;
          sprintf(temp,"temp:%.1f",fSuhu);
          lcd_puts(temp); error=50*(setPoint-fSuhu);
          if(error<0){error=0;}
          if(error>255){error=255;}
          OCR2=(int)error; sprintf(temp,"!0@%.1f#",fSuhu); puts(temp);
          delay_ms(100); } } }

```


//*****

Source Code Program Delphi 7

//*****

implementation

{ \$R *.dfm }

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

var

i:integer;

begin

if button1.Caption='Sampel' then

begin

oto:=1; setSuhu:=0;

Button3.Enabled:=false; Button2.Enabled:=false; Button5.Enabled:=false;

ukFlag:=0; ComPort1.Open; iterasi:=0; minute:=0; parsingOld:=0;

parsing2Old:=0; heartPulse:=0; strData:=''; series2.Clear; series3.Clear;

button1.Caption:='Save';

saveDir:='D:\Kuliah\S2 - Tugas-tugas\Riset\Program Delphi\data.xls';

XLApp1 := CreateOleObject('excel.application');

XLApp1.Workbooks.open(saveDir);

Sheet := XLApp1.WorkSheets[1];

sheet.cells.item[1,1].value := 'Pengujian Absorbsi';

sheet.cells.item[2,1].value := 'i';

sheet.cells.item[2,2].value := 'ADC';

for i:=3 to 30 do

begin

sheet.cells.item[i,1].value := ''; sheet.cells.item[i,2].value := '';

end;

ComPort1.WriteStr('!');


```

end
else if button1.Caption='Save' then
begin
    Button3.Enabled:=true; Button2.Enabled:=true; Button5.Enabled:=true;
    ComPort1.Close; button1.Caption:='Sampel';
    //Timer1.Enabled:=false;
    //proses simpan
    XLApp1.ActiveWorkBook.SaveAs(saveDir);
    XLApp1.ActiveWorkBook.close; XLApp1.Workbooks.close;
    if(CheckBox1.Checked=true) then Button4.Click;
end; end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
var
    i, startChar, stopChar, midChar:integer;
parsing, parsing2: single;
begin
    ComPort1.ReadStr(buff, Count);
    strData:=strData+buff;
    startChar := AnsiPos('!', strData);
    stopChar := AnsiPos('#', strData);
    if (startChar>0) And (stopChar>0) then
    begin
        midChar:=AnsiPos('@', strData); strParsing:=strData;
        Delete(strParsing,midChar,(length(strParsing)-midChar+1));
        Delete(strParsing,1,startChar);
        parsing:=StrToFloatDef(strParsing,parsingOld);
        parsingOld:=parsing; strParsing:=strData;
        Delete(strParsing,stopChar,(length(strParsing)-stopChar+1));
        Delete(strParsing,1,midChar);
    end;
end;

```



```

parsing2:=StrToFloatDef(strParsing,parsing2Old);
parsing2Old:=parsing2;
if(setSuhu=0) then
begin
if(ukFlag=1) then
begin
Series1.AddXY(iterasi,parsing); Series5.AddXY(iterasi,parsing);
udaraKering[iterasi]:=parsing;
if(oto=1) then
begin
sheet.cells.item[iterasi+3,1].value := intostr(iterasi+1);
sheet.cells.item[iterasi+3,2].value := Floattostr(parsing);
end; inc(iterasi); end
else
begin
Series2.AddXY(iterasi,parsing); Series6.AddXY(iterasi,parsing);
absorbsi[iterasi]:= parsing-udaraKering[iterasi];
Series3.AddXY(iterasi,absorbsi[iterasi]);
Series7.AddXY(iterasi,absorbsi[iterasi]);
if(oto=1) then
begin
sheet.cells.item[iterasi+3,1].value := intostr(iterasi+1);
sheet.cells.item[iterasi+3,2].value := Floattostr(absorbsi[iterasi]);
end;
inc(iterasi);
end; end
else
begin
//membuat grafik Suhu
Series4.AddXY(iterasi,parsing2);

```



```

edit4.Text:=floattostrF(parsing2,ffnumber,3,1);
inc(iterasi);
if(iterasi>100)then
begin
    iterasi:=0; series4.Clear;
end;
end;
end;
Delete(strData,1,stopChar);
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var
    i,j,k,m,n,o:integer; temp:single;
begin
    for i:=1 to speed do
    begin
        if stop=false then
        begin
            for m:=1 to output do
            begin
                sse[m]:=0;
            end;
            for j := 1 to nLearning do
            begin
                iterasi:=iterasi+1;
                for m := 1 to input do
                begin
                    xx[m]:=x_learn[j,m];
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

```



```

for m := 1 to output do
begin
    t[m]:=t_learn[j,m];
end;

for m := 1 to hdd1 do
begin
    temp:=0;
    for n:= 1 to input do
    begin
        temp:=temp+w[1,m,n]*xx[n];
    end;
    y[1,m]:=f(temp+bb[1,m]);
end;

for m := 1 to hdd2 do
begin
    temp:=0;
    for n := 1 to hdd1 do
    begin
        temp:=temp+w[2,m,n]*y[1,n];
    end;
    y[2,m]:=f(temp+bb[2,m]);
end;
//z=fungsi sigmoid(sigma w*x) untuk output layer
for m := 1 to output do
begin
    temp:=0;
    for n := 1 to hdd2 do
    begin
        temp:=temp+w[3,m,n]*y[2,n];
    end;

```



```

z[m]:=f(temp+bb[3,m]);
end;
//reverse pass
//hitung delta untuk layer output
//delta=(d-output)*turunan fungsi sigmoid f(x)
//delta=(d-output)*(1-output)*(output)
for m := 1 to output do
begin
if cb_fungsi.ItemIndex=0 then
delta[3,m]:=(t[m]-z[m])*al*(1-z[m])*z[m]
else
delta[3,m]:=(t[m]-z[m])*al*(1-z[m])*(1+z[m])/2;
end;
//perbaruan nilai bobot layer output
//w'=w+learning rate*delta*input
for m := 1 to hdd2 do
begin
for n := 1 to output do
begin
wu[3,n,m]:=u*(delta[3,n]*y[2,m]+alf*delta0[3,n]*y0[2,m]);
w[3,n,m]:=w[3,n,m]+wu[3,n,m];
end;
end;
for m := 1 to output do
begin
bb[3,m]:=bb[3,m]+u*delta[3,m];
end;
//hitung delta untuk hidden layer ke-2
//delta=(sigma w*delta)*turunan fungsi sigmoid f(x)
//delta=(sigma w*delta)*(1-output)*(output)

```



```

for m := 1 to hdd2 do
begin
temp:=0;
for n := 1 to output do
begin
temp:=temp+(delta[3,n]*w[3,n,m])
end;
if cb_fungsi.ItemIndex=0 then
delta[2,m]:=temp*al*(1-y[2,m])*y[2,m]
else
delta[2,m]:=temp*al*(1-y[2,m])*(1+y[2,m])/2;
end;
//perbaruan nilai bobot untuk hidden layer ke-2
//w'=w+learning rate*delta*input
for m := 1 to hdd1 do
begin
for n := 1 to hdd2 do
begin
wu[2,n,m]:=u*(delta[2,n]*y[1,m]+alf*delta0[2,n]*y0[1,m]);
w[2,n,m]:=w[2,n,m]+wu[2,n,m];
end;
end;
for m := 1 to hdd2 do
begin
bb[2,m]:=bb[2,m]+u*delta[2,m];
end;
//hitung delta untuk hidden layer ke-1
//delta=(sigma w*delta)*turunan fungsi sigmoid f(x)
//delta=(sigma w*delta)*(1-output)*(output)
for m := 1 to hdd1 do

```



```

begin
temp:=0;
for n := 1 to hdd2 do
begin
temp:=temp+(delta[2,n]*w[2,n,m])
end;
if cb_fungsi.ItemIndex=0 then
delta[1,m]:=temp*al*(1-y[1,m])*y[1,m]
else
delta[1,m]:=temp*al*(1-y[1,m])*(1+y[1,m])/2;
end;
//perbaruan nilai bobot untuk hidden layer ke-1
//w'=w+learning rate*delta*input
for m := 1 to input do
begin
for n := 1 to hdd1 do
begin
wu[1,n,m]:=u*(delta[1,n]*xx[m]+alf*delta0[1,n]*x0[m]);
w[1,n,m]:=w[1,n,m]+wu[1,n,m];
end;
end;
for m := 1 to hdd1 do
begin
bb[1,m]:=bb[1,m]+u*delta[1,m];
end;
//evaluasi
//an_w[iterasi]:=w[3,1,1];
//hitung sum square error=sse(s-1)+(target-output)^2
for m := 1 to output do
begin

```



```

sse[m]:=sse[m]+Sqr(t[m]-z[m]);
end;
//plot miu
//Chart5.Series[0].AddXY(iterasi,u);
if cb_snc.Checked=true then
u:=u0/(1+iterasi/tou);
end; //untuk j
//cek momentum update mode
//jika tidak forgetting factor tetap = nol
if cb_momentum.Checked=True then
begin
alf:=strtofloat(ed_ff.Text);
end;
//hitung mse dari seluruh output neuron
mse:=0;
for m := 1 to output do
begin
mse:=mse+sse[m];
end;
mse:=mse/output;
//tampilkan mse dan grafik
ed_mse.text:=floattostrf(mse,ffNumber,8,7);
Series15.AddXY(iterasi,mse);
//simpan w untuk momentum update
for m := 1 to 2 do
begin
for n := 1 to 500 do
begin
y0[m,n]:=y[m,n];
delta0[m+1,n]:=delta[m+1,n];

```



```

end; end;
for m := 1 to 500 do
begin
x0[m]:=xx[m];
delta0[1,m]:=delta[1,m];
end;
//cek batas iterasi dan mse
if (iterasi > 700000) or (mse < beta) then
begin
Timer1.Enabled:=False;
stop:=true;
showmessage('Done!');
button20.Click;
Button18.Caption:='Learn';
end
else begin
stop:=false;
end; end; end; //===speed x100
//ComPort1.WriteStr('!');
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
var
i:integer;
begin
if button3.Caption='Udara Kering' then
begin
oto:=1;
Button1.Enabled:=false; Button2.Enabled:=false; Button5.Enabled:=false;
ukFlag:=1; setSuhu:=0; ComPort1.Open; iterasi:=0; minute:=0;

```



```

parsingOld:=0; parsing2Old:=0; heartPulse:=0; strData:=""; series1.Clear;
button3.Caption:='Save';
saveDir:='D:\Kuliah\S2 - Tugas-tugas\Riset\Program Delphi\udara_kering.xls';
XLApp1 := CreateOleObject('excel.application');
XLApp1.Workbooks.open(saveDir); Sheet := XLApp1.WorkSheets[1] ;
sheet.cells.item[1,1].value := 'Pengujian Udara Kering';
sheet.cells.item[2,1].value := 'i'; sheet.cells.item[2,2].value := 'ADC';
for i:=3 to 30 do
begin
    sheet.cells.item[i,1].value := ""; sheet.cells.item[i,2].value := "";
end;
ComPort1.WriteStr('!');
end
else if button3.Caption='Save' then
begin
    Button1.Enabled:=true; Button2.Enabled:=true; Button5.Enabled:=true;
    ComPort1.Close; button3.Caption:='Udara Kering';
    XLApp1.ActiveWorkBook.SaveAs(saveDir);
    XLApp1.ActiveWorkBook.close;
    XLApp1.Workbooks.close;
end; end;

procedure TForm1.Button17Click(Sender: TObject);
var
    i, j, iBaris, iKolom:integer;
    strTemp: string;
begin
    if OpenFileDialog1.Execute then
    begin
        XLApp1:= CreateOleObject('excel.application');

```



```

XLApp1.Workbooks.open(OpenDialog1.FileName);
Sheet := XLApp1.WorkSheets[1]; iBaris:=1;nLearning:=0;iKolom:=0;
strTemp:=sheet.cells.item[1,iBaris].Value;
while strTemp='L' do
begin
    iBaris:=iBaris+2; inc(nLearning); strTemp:=sheet.cells.item[1,iBaris].Value;
end;
ed_sample.Text:=IntToStr(nLearning);
for i := 1 to nLearning do
begin
    inc(iKolom);
    iBaris:=2; input:=0; output:=0;
    strTemp:=sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value;
    while strTemp<>" do
    begin
        inc(input);
        x_learn[i,iBaris-1]:=StrToFloatDef(sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value,0);
        inc(iBaris); strTemp:=sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value;
    end;
    inc(iKolom); iBaris:=2; strTemp:=sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value;
    while strTemp<>" do
    begin
        inc(output);
        t_learn[i,iBaris-1]:=StrToFloatDef(sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value,0);
        inc(iBaris); strTemp:=sheet.cells.item[iBaris,iKolom].Value;
    end;
end;
XLApp1.ActiveWorkBook.close; XLApp1.Workbooks.close;
hdd1:=3*output; hdd2:=3*output; ed_inputLayer.Text:=IntToStr(input);
ed_hddLayer1.Text:=IntToStr(hdd1); ed_hddLayer2.Text:=IntToStr(hdd2);

```



```

ed_outputLayer.Text:=IntToStr(output); showmessage('Now, You can start..');
startLearning:=1;
end; end;

procedure TForm1.Button18Click(Sender: TObject);
label ex;
begin
if Button18.Caption='Learn' then
begin
Button17.Click;
if startLearning=1 then
begin
FlagOpenLearning:=1; Button23.Click; stop:=false; iterasi:=0; alf:=0;
tou:=strtoint(ed_to.text); speed:=strtoint(ed_speed.text);
beta:=strtofloat(ed_beta.text); u0:=strtofloat(ed_rate.text); u:=u0;
al:=strtofloat(ed_alpha.text); input:=strtoint(ed_inputLayer.text);
hdd1:=strtoint(ed_hddLayer1.text); hdd2:=strtoint(ed_hddLayer2.text);
output:=strtoint(ed_outputLayer.text); Button18.Caption:='Stop';
Series15.Clear; Timer1.Enabled:=True;
end; end
else if Button18.Caption='Stop' then
begin
Timer1.Enabled:=false; Button18.Caption:='Learn'; button20.Click;
end; end;

procedure TForm1.Button21Click(Sender: TObject);
var
i,j,m,n,iBaris, charKayu, charKualitas:integer; temp:single;
strOutput: array[1..10] of string;
begin

```



```

button22.Click;
if OpenFileDialog1.Execute then
begin
    strOutput[1]:='alkohol'; strOutput[2]:='amoniak'; strOutput[3]:='bensin';
    strOutput[4]:='tak dikenali'; Memo1.Clear;
    {for i=0 to strOutput
begin
    temp:= StrOutput
end}
    XLApp1:= CreateOleObject('excel.application');
    XLApp1.Workbooks.open(OpenDialog1.FileName);
    Sheet := XLApp1.WorkSheets[1]; iBaris:=2;
    for i := 1 to 500 do
begin
    x_test[1,i]:=StrToFloatDef(sheet.cells.item[iBaris,1].Value,0); inc(iBaris);
end;
    j:=1;
    for m := 1 to input do
begin
        xx[m]:=x_test[j,m];
    end;
    for m := 1 to hdd1 do
begin
        temp:=0;
        for n:= 1 to input do
begin
            temp:=temp+w[1,m,n]*xx[n];
        end;
        y[1,m]:=f(temp+bb[1,m]);
    end;
end;

```



```

//y=fungsi sigmoid(sigma w*x) untuk hidden layer ke-2
for m := 1 to hdd2 do
begin
temp:=0;
for n := 1 to hdd1 do
begin
temp:=temp+w[2,m,n]*y[1,n];
end;
y[2,m]:=f(temp+bb[2,m]);
end;
//z=fungsi sigmoid(sigma w*x) untuk output layer
for m := 1 to output do
begin
temp:=0;
for n := 1 to hdd2 do
begin
temp:=temp+w[3,m,n]*y[2,n];
end;
z[m]:=f(temp+bb[3,m]);
Memo1.Lines.Add(strOutput[m]+' '+FloatToStrF(z[m],ffNumber,1,3));
end;
temp:=z[1];
n:=1;
for m := 1+1 to output do
begin
max(temp,z[m]);
if(temp<z[m]) then n:=m;
end;
edit3.Text:=strOutput[n];
XLApp1.ActiveWorkBook.close;

```



```

XLApp1.Workbooks.close;
end;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
var
    i,j,m,n,iBaris, charKayu, charKualitas:integer; temp:single;
    strOutput: array[1..10] of string;
begin
    button22.click; strOutput[1]:='alkohol'; strOutput[2]:='amoniak';
    strOutput[3]:='bensin'; strOutput[4]:='tak dikenali'; Memo1.Clear;

    {for i=0 to strOutput
    begin
        temp:= StrOutput
    end}
    for i := 1 to input do
    begin
        x_test[1,i]:=absorbsi[i-1];
    end;
    j:=1;
    for m := 1 to input do
    begin
        xx[m]:=x_test[j,m];
    end;
    for m := 1 to hdd1 do
    begin
        temp:=0;
        for n:= 1 to input do
        begin
            temp:=temp+w[1,m,n]*xx[n];

```

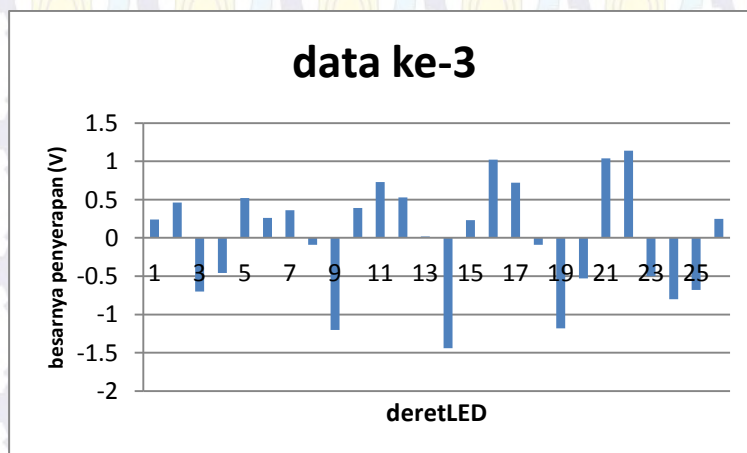
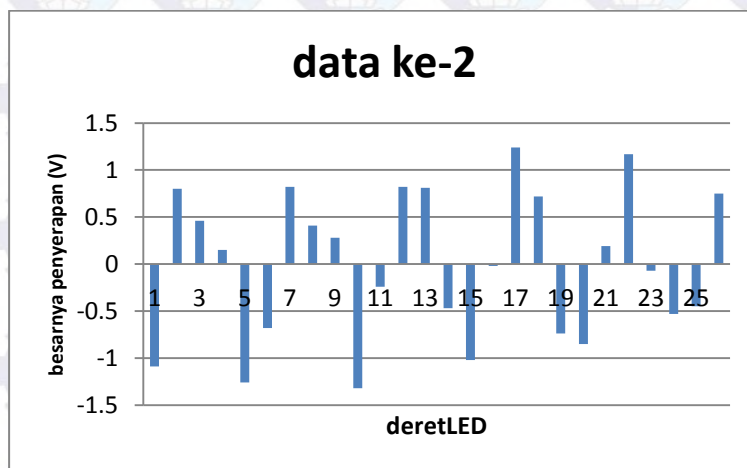
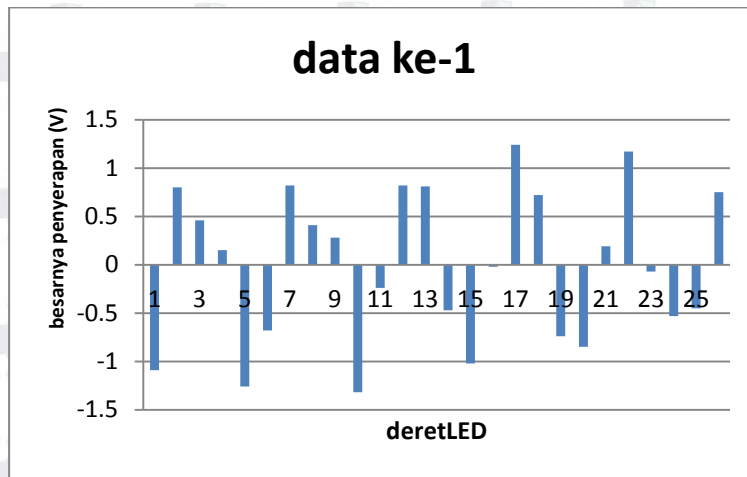


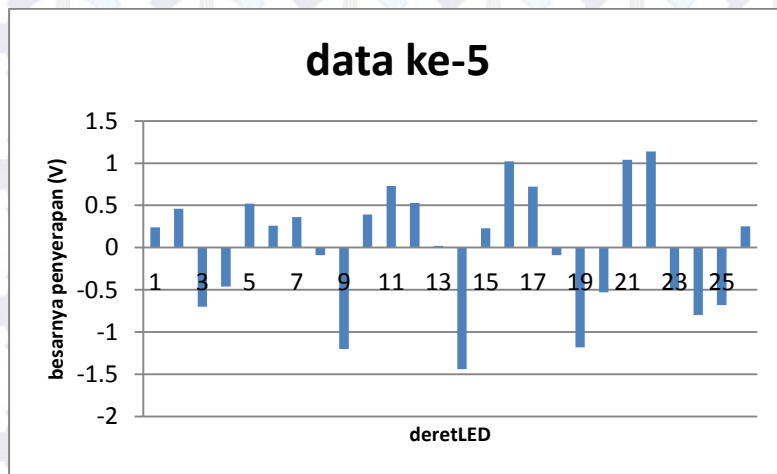
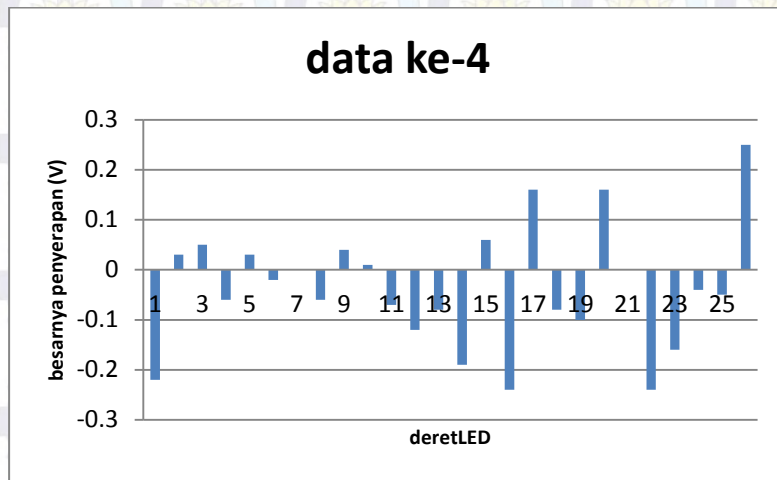
```

end;
y[1,m]:=f(temp+bb[1,m]);
end;
for m := 1 to hdd2 do
begin
temp:=0;
for n := 1 to hdd1 do
begin
temp:=temp+w[2,m,n]*y[1,n];
end;
y[2,m]:=f(temp+bb[2,m]);
end;
for m := 1 to output do
begin
temp:=0;
for n := 1 to hdd2 do
begin
temp:=temp+w[3,m,n]*y[2,n];
end;
z[m]:=f(temp+bb[3,m]);
Memo1.Lines.Add(strOutput[m]+' '+FloatToStrF(z[m],ffNumber,1,3));
end;
temp:=z[1];
n:=1;
for m := 1+1 to output do
begin
max(temp,z[m]); if(temp<z[m]) then n:=m;
end;
edit3.Text:=strOutput[n];
end;

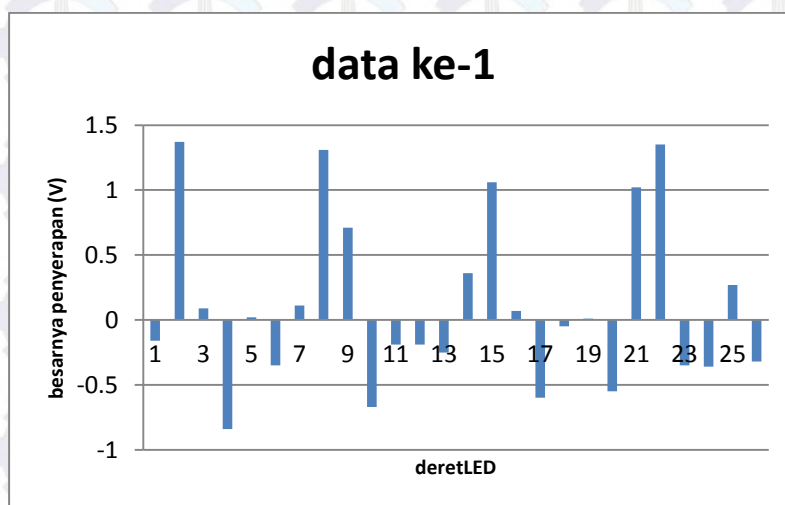
```

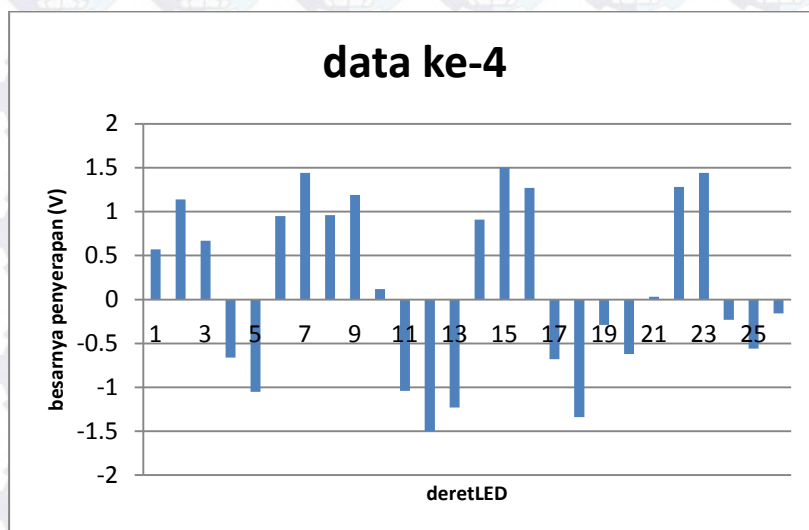
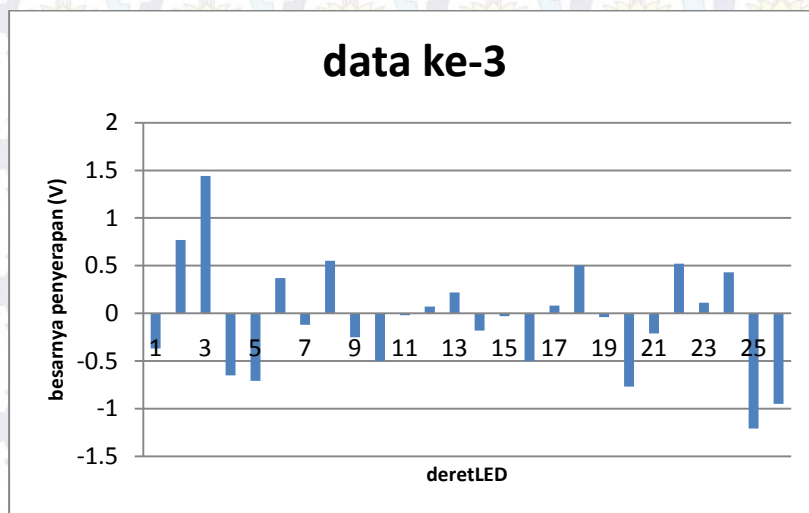
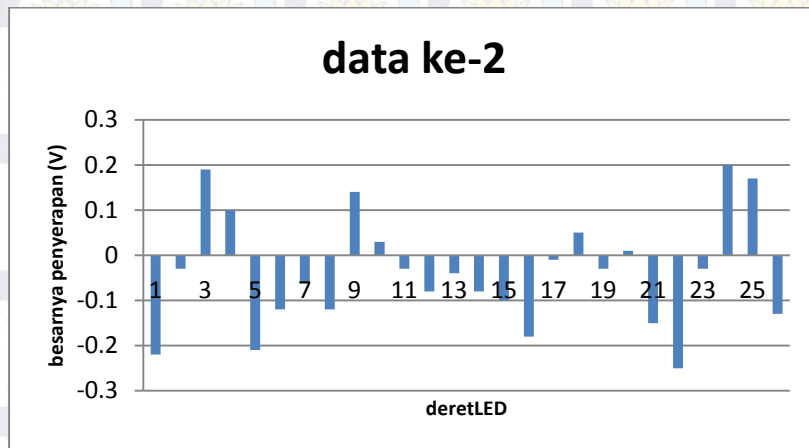

1. Data Pelatihan Jaringan Neural untuk Pola Serapan Gas Alkohol

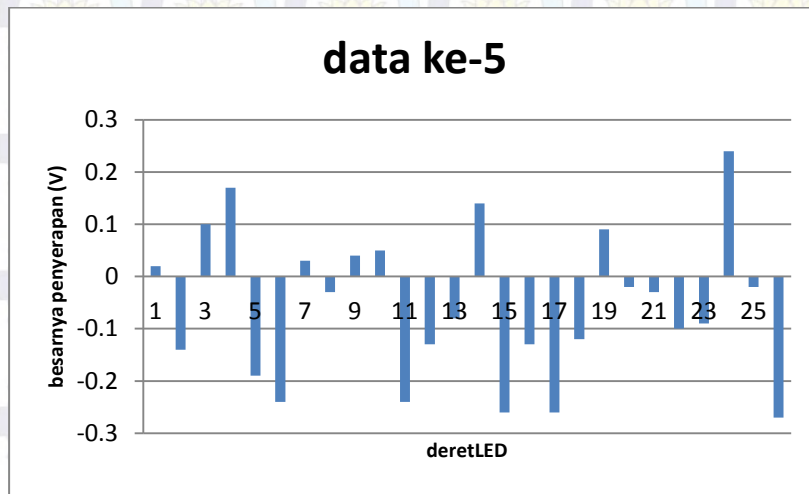




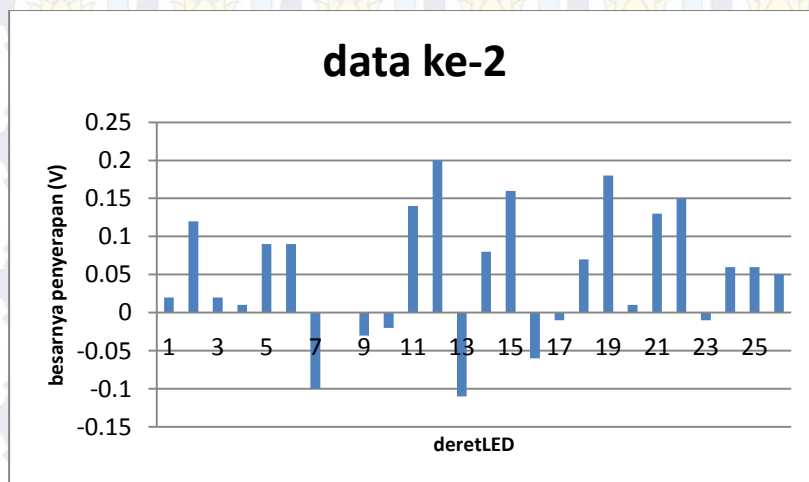
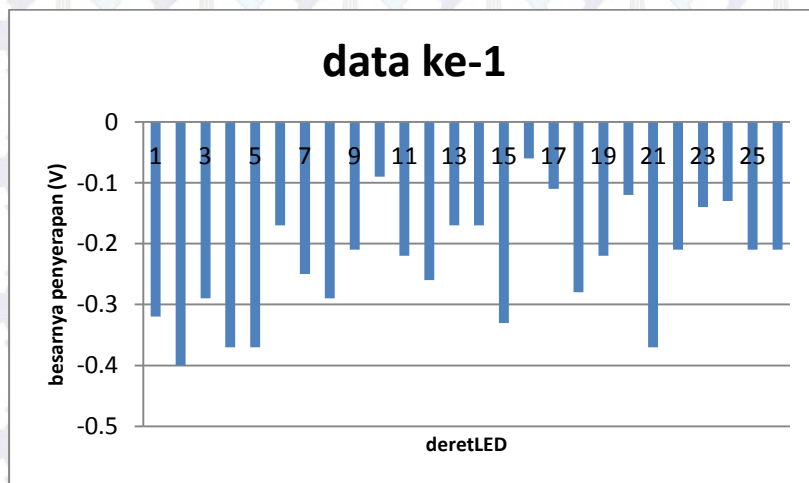
2. Data Pelatihan Jaringan Neural untuk Pola Serapan Gas Amoniak

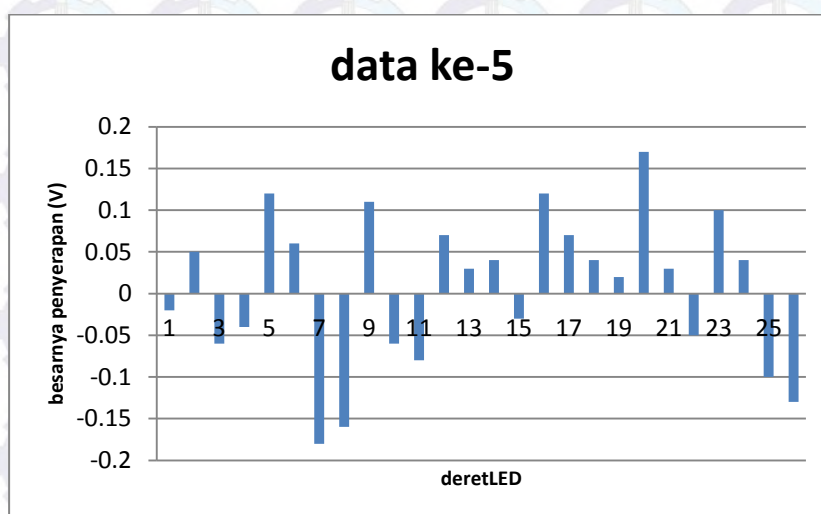
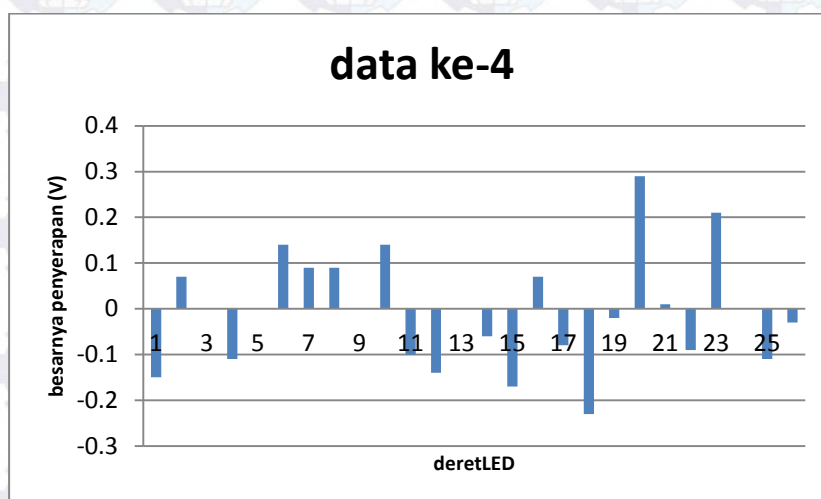
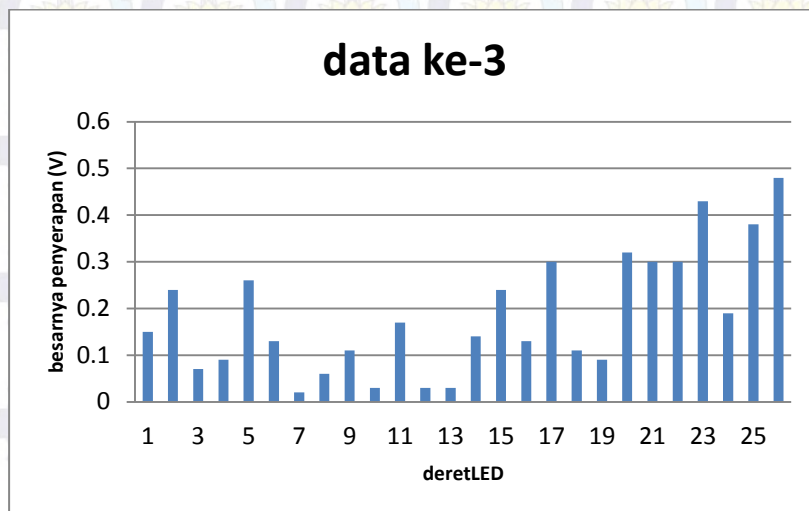




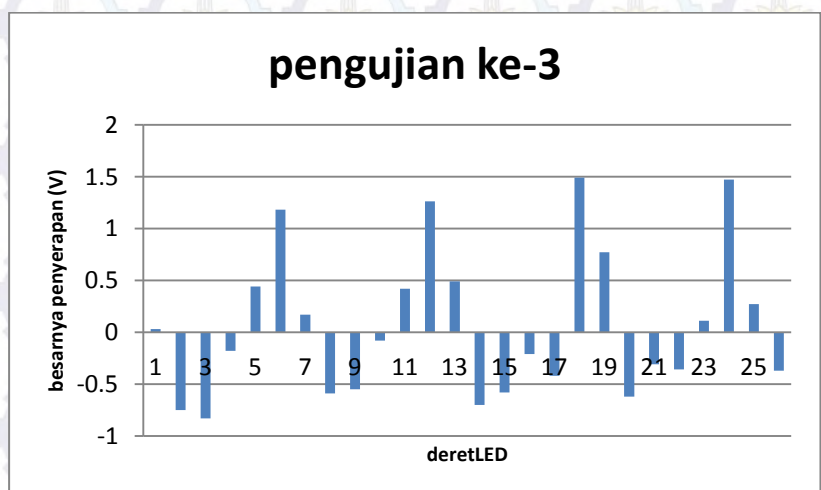
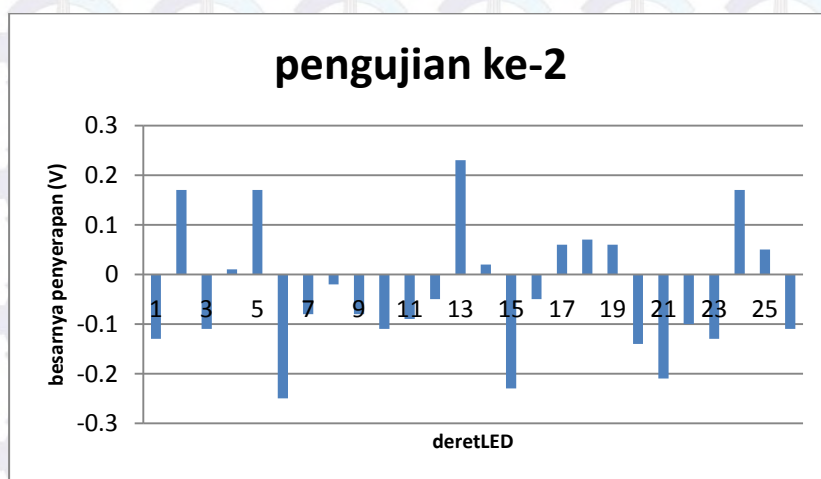
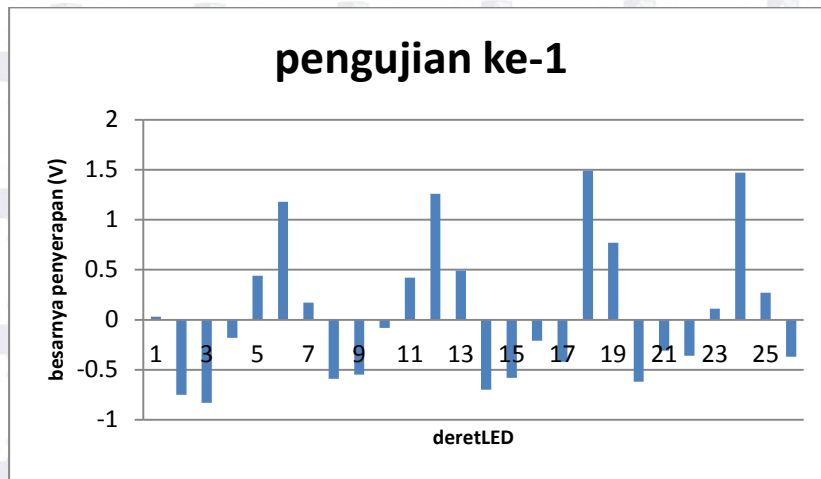


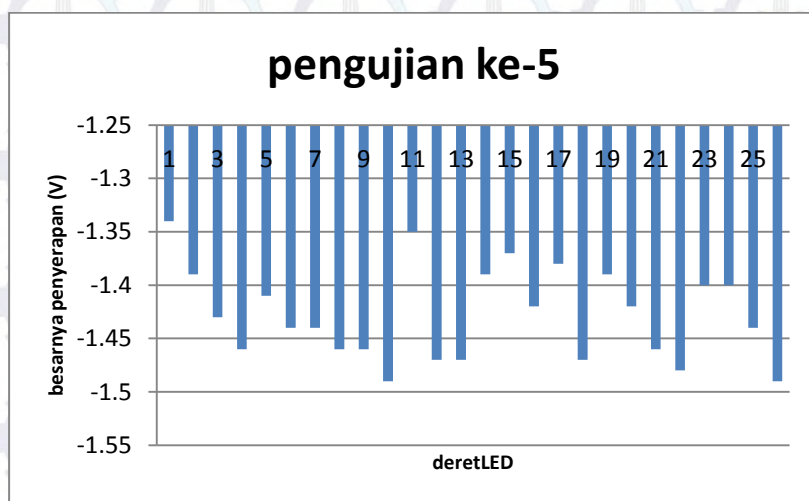
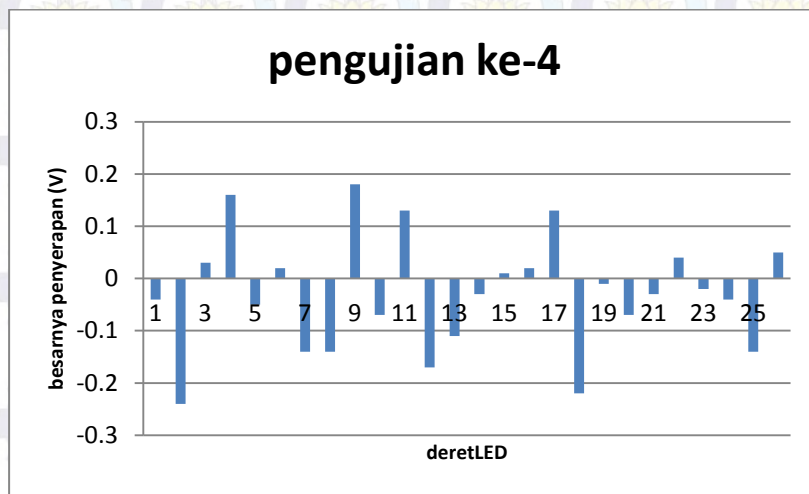
3. Data Pelatihan Jaringan Neural untuk Pola Serapan Uap Bensin



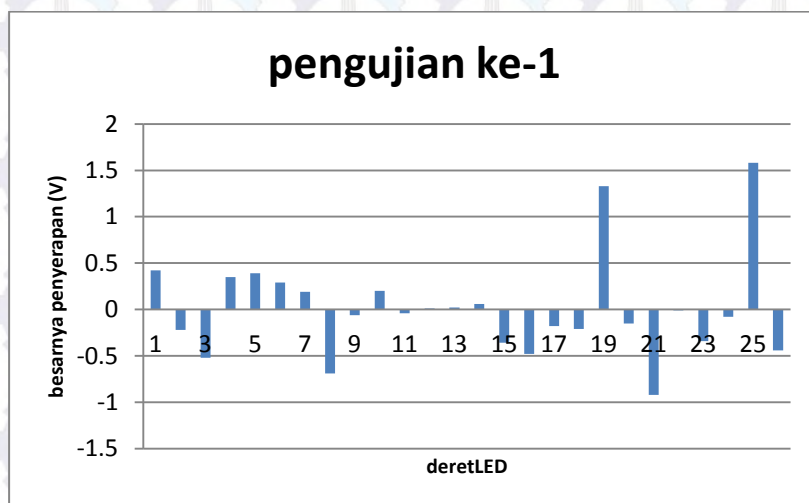


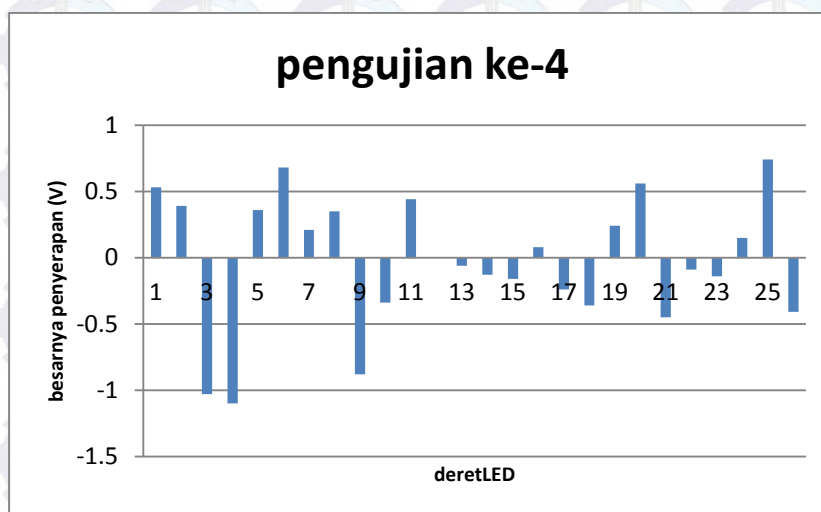
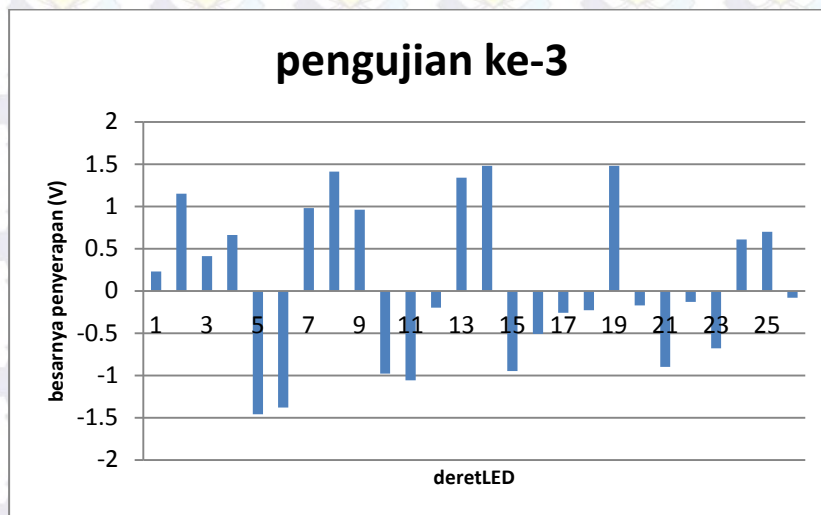
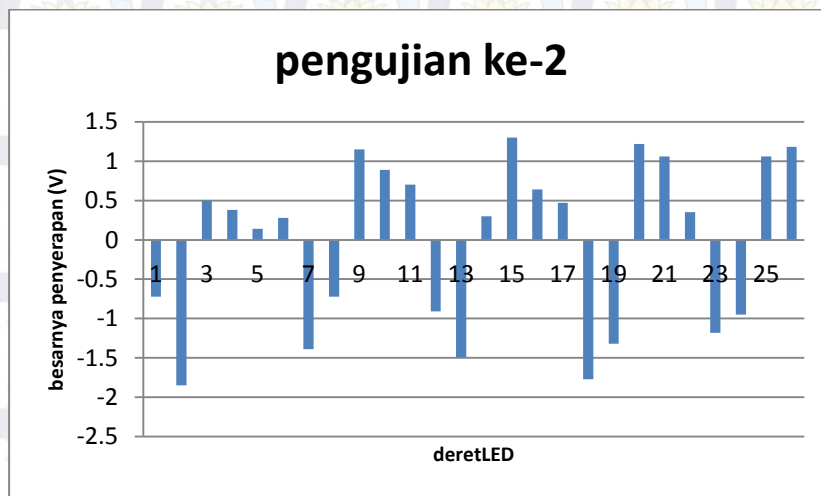
4. Data Pola Serapan Hasil Pengujian *Offline* Gas Alkohol

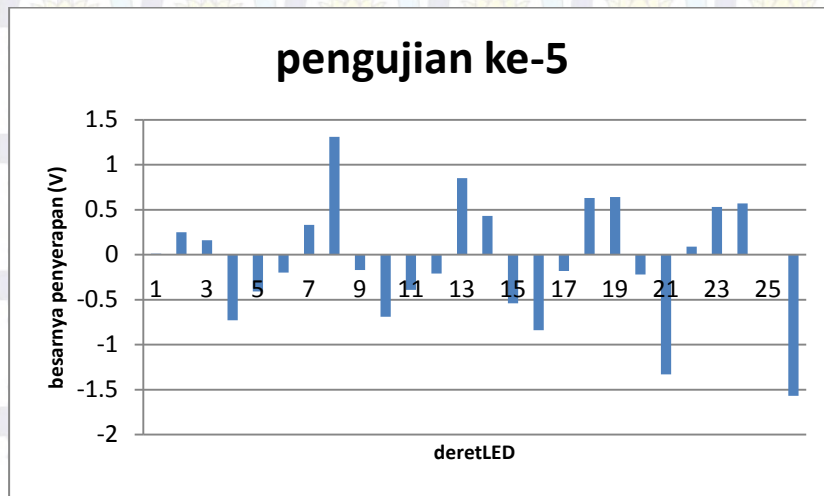




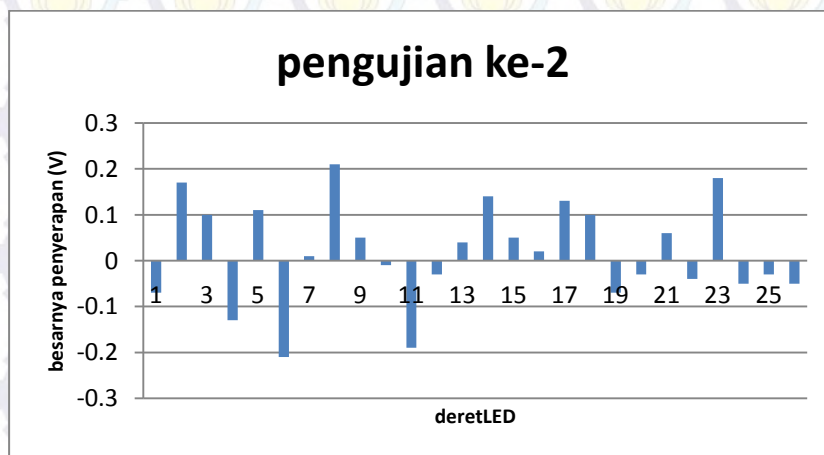
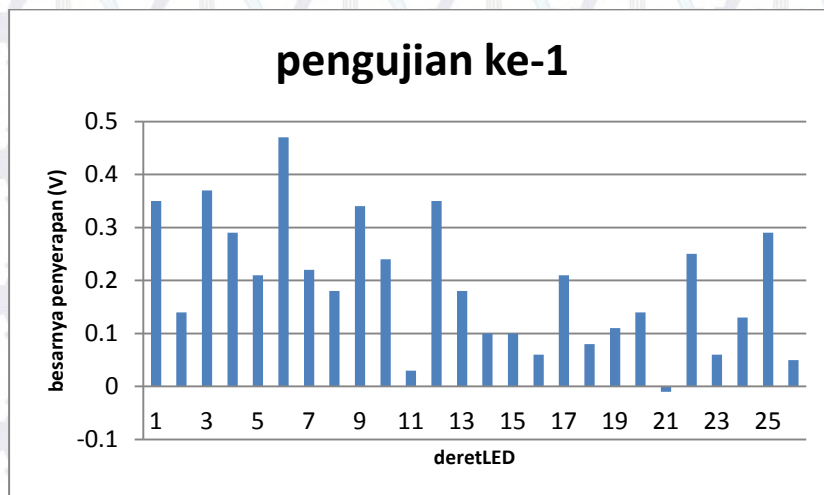
5. Data Pola serapan Hasil Pengujian Offline Gas Amoniak

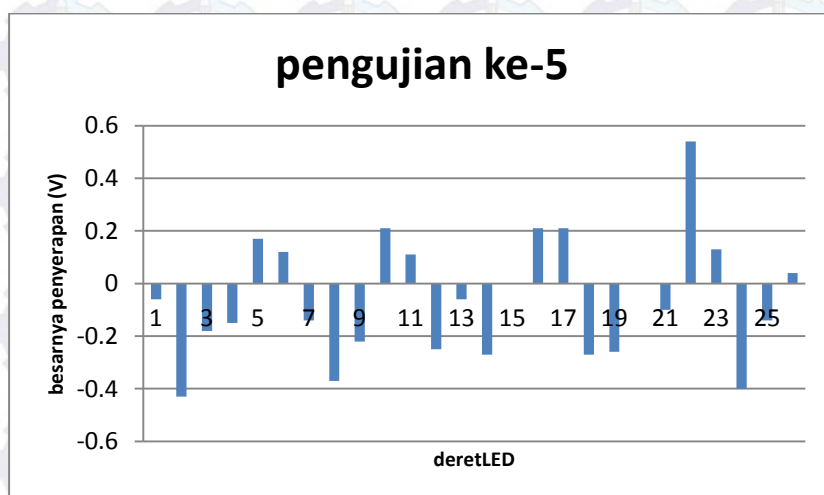
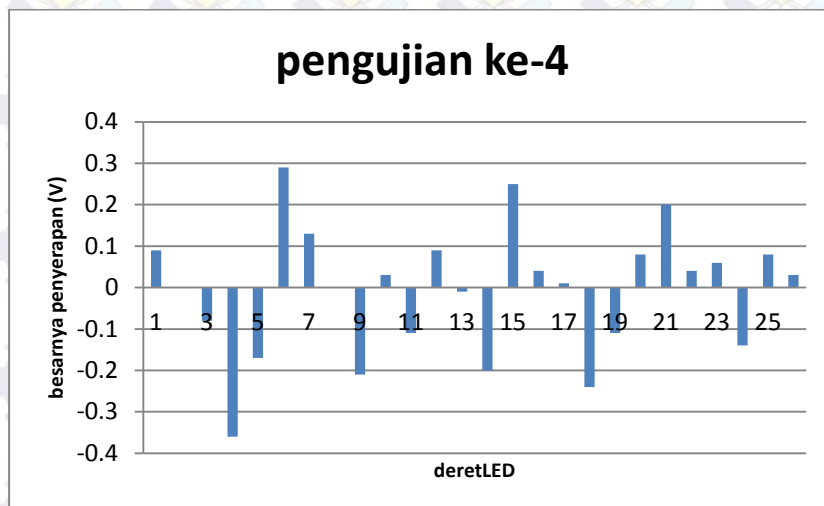
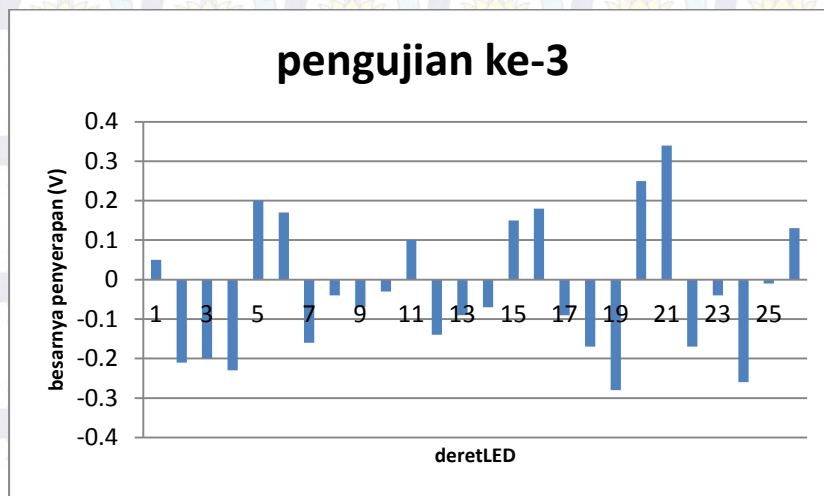






6. Data Pola serapan Hasil Pengujian Offline Uap Bensin





RIWAYAT HIDUP PENULIS



Happy Nugroho dilahirkan di Samarinda, 29 Desember 1985. Merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Tukarno dan Ibu Lisaria Genderaningsih Susetyowati. Penulis memulai pendidikan di SD Negeri 005 Samarinda, Lalu melanjutkan di SMP Negeri 2 Samarinda. Penulis menempuh jenjang pendidikan di SMU Negeri 1 Kebakkramat, Karanganyar, Surakarta.

Pada tahun 2003 penulis diterima di Program Strata 1 Jurusan Teknik Elektro - Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan menyelesaikan studinya pada tahun 2011. Setelah menyelesaikan studi di tahap sarjana, penulis meneruskan pendidikan di Program Magister Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan memilih bidang keahlian Elektronika Industri.

e-mail: happynugroho29@gmail.com